

地殻変動連続観測記録の集録・処理システム

高田 理夫・古沢 保・大谷 文夫
寺石 真弘

A DATA ACQUISITION AND PROCESSING SYSTEM FOR THE CONTINUOUS OBSERVATIONS OF CRUSTAL MOVEMENTS

By *Michio TAKADA, Tamotsu FURUZAWA, Fumio OHYA*
and *Masahiro TERAISHI*

Synopsis

A data acquisition and processing system has been developed for the continuous observations of crustal movements at the Miyazaki Crustal Movement Observatory. This system consists of a personal microcomputer system with 3 digital cassette magnetic tape devices. Digital data from the observation system are acquired by interrupt on to the cassette tape and processed by BASIC programs with no disturbance by the data acquisition.

Some examples of the plotted results of primary data processing are also described.

1. はじめに

宮崎地殻変動観測所では1976年11月以来、延約270mの水平及び堅坑の観測坑道において、伸縮計・傾斜計、計13成分を設置して、地殻変動連続観測を実施している。これらの記録は坑内で光学記録すると共に、デジタル化して坑外に導き、観測所本館においてプリンタで印字記録をしている。しかしロールペーパーへの印字という記録形式では、後の処理に際し、その数値を人手を介して何かに「入力」する操作が必要となり、デジタル化のメリットを充分生かせない。従って、パーソナル・コンピュータを使ってカセット磁気テープに記録を集録し、さらに集録記録の処理機能をも合わせもつシステムを構成し、1980年9月より使用を開始した。本稿ではこのシステムの概要を述べ、これにより集録・処理された観測結果を示す。

2. 観測システム

Fig. 1 に宮崎地殻変動観測所の観測坑道内計器配置図を示す。E-1~E-3 はそれぞれの長さが38.5mのローラー型スーパーインヴァール棒伸縮計で直角二等辺三角形をなす坑道の各辺に、また E-4, E-5, E-V はそれぞれの長さが8.9mの同じ型の伸縮計で直交3軸方向を向くよう、

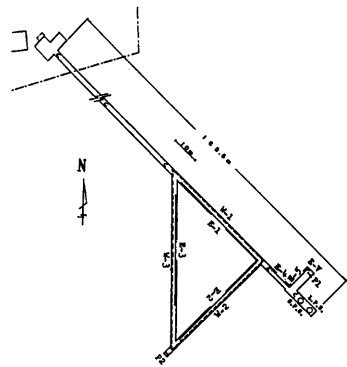


Fig. 1. Arrangement of instruments in the observation vault of the Miyazaki Crustal Movement Observatory.
E-1~E-5, E-V: Super-invar-bar extensometer.
W-1~W-3: Watertube tiltmeter.
P1, P2: Tiltmeters with horizontal pendulum of Zöllner suspension type.

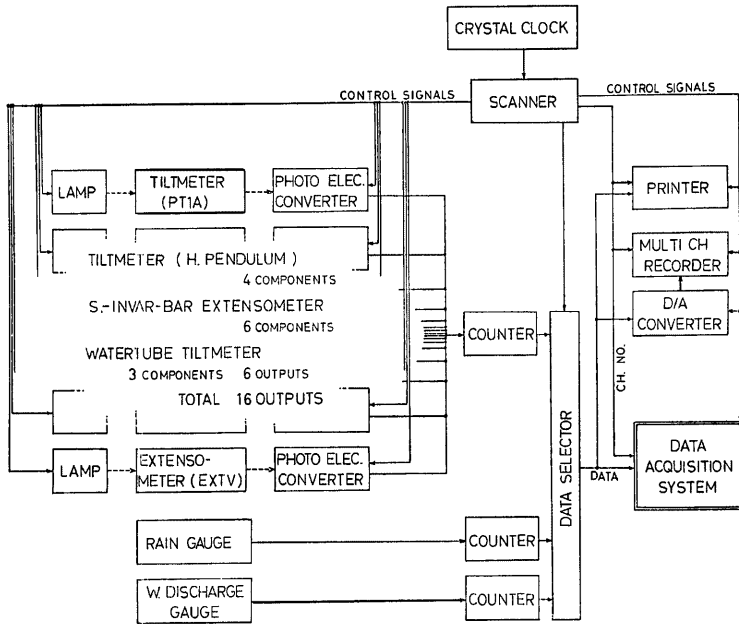


Fig. 2. Block diagram of the observation system.

坑道最奥部の堅坑及び水平坑道に設置されており、6成分の記録がとられている。W-1, W-2, W-3 は何れも水管傾斜計で前2者は長さ各45.7mで直交する坑道に沿い、またW-3は長さ63.2mで斜辺坑道に沿って設置されており、それぞれの両端で記録をとっているため出力は6成分となる。P1, P2はツェルナー吊水平振り型傾斜計で、それぞれ直交2成分が1組となっており、計4成分が設置されている。

観測システムのブロック図はFig. 2に示す。上述の伸縮計や傾斜計の各地殻変動観測計器には光学拡大装置をつけ、ランプ像の位置を定速移動する光電素子で検出し、その移動所要時間を測るという、既に屯鶴峯、天ヶ瀬の各地殻変動観測所(室)で使用しているものと同じ方式の光電変換装置²⁾を用い、デジタル出力を得るようにしている。降水量及び湧水量は転倒式で積算計数されている。これら地殻変動16成分と降・湧水量2成分に空チャンネル2成分を加えて20成分とし、毎分1成分づつ1時間に3回の走査サイクルで出力させている。Fig. 2では観測データの流れの方向は左から右へ向かい、右端は記録部を示しているが、その上半分は連続観測開始当時から使用しているプリンタとモニター記録用の打点記録計を、また下半分には今回開発の集録システムを二重枠で示している。

3. データ集録・処理システムの概要

本システムの第一の機能は観測データの集録であり、毎分10進4桁(BCD 16ビット)のデータをそのチャンネル番号(0~19=5ビット)と共に読み込み、10分毎にプリンタに、2時間毎にカセットテープに出力する。集録データは即座にブラウン管画面にモニター表示される。第二の機能はこれらのデータの処理で、通常1箇月を単位として、会話形式の処理プログラムによって感度補正や欠測処理等の前処理を行なって、

月報テープ及びプロッタによるグラフの作成を行なう。又、この基本処理に対して長期間にわたるグラフや、地球潮汐等の解析処理も行なう。

2つの機能を1台のマイクロコンピュータにもたせるため、データ処理プログラムはオペレーティング・システムの管理下で働くパーソナル・コンピュータ本来の使い方で行なわせ、データ集録は割り込みで処理する方式とした。従って、データ処理プログラムの代りに他のプログラムを実行させることも可能である。換言すれば、データ集録を続けながら、パーソナル・コンピュータとしても自由に使うことができる。

3.1 ハードウェア

本システムの構成はティアック（株）製マイクロコンピュータ・システム PS-80 を基本としている。PS-80 はプロセッサとして8ビットのZ-80CPUを使用し、本体内のメモリーとしてROM 14KバイトとRAM 最高 48K バイト、入出力機器としてキーボード、表示用ブラウン管及びデジタル・カセットテープ装置を最大2台装備する。テープ装置はデータ集録用に1台、処理時に原データ読み込み用、処理済みデータ書き込み用に各1台と、最低3台は必要となるので、ティアック PROLINE 100 デジタル・カセットテープ装置を1台増設した。さらにハードコピー用として80行ドットプリンタ、XYプロッタ（渡辺測器 WX 4671）を各1台接続し、Fig. 3 に示す構成としている。集録データの取り込みとXYプロッタの接続のために64ビット並列入出力が可能なデジタル入出力インターフェイス・ボードを使っている。

PS-80 では外部信号による割り込みは仕様外であるが、フロッピー・ディスク制御回路に付随して40Hzリアルタイムクロック回路をもつので、これによる割り込みを利用している。フロッピー・ディスク・コントローラーは割り込み回路の形成のため装着した。

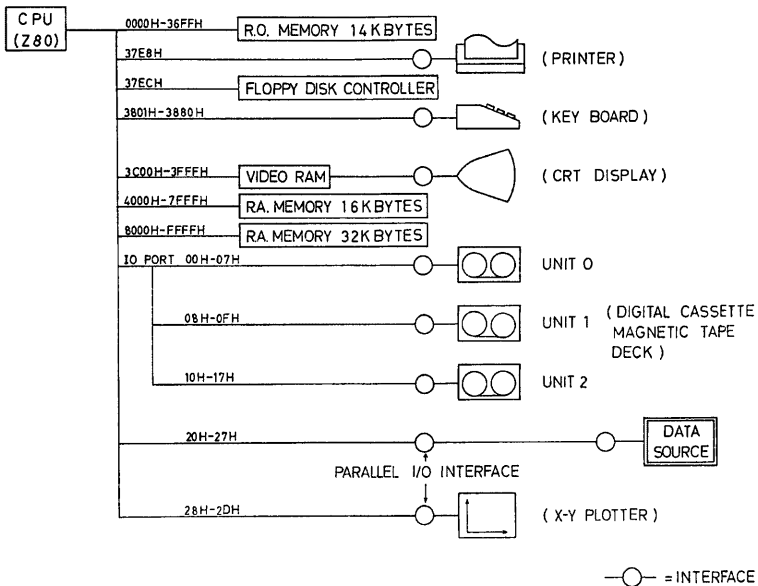


Fig. 3. Hardware of the data acquisition and processing system.

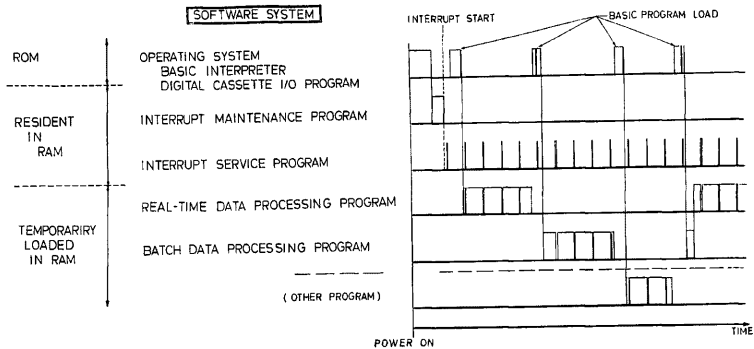


Fig. 4. Software system and its time sequence chart.

3.2 システム・プログラム及び割り込み処理プログラム（機械語）

プログラムの種類と、各プログラムの実行状況の時間的推移を、次節に述べる BASIC プログラムも含めて Fig. 4 に模式的に示す。各プログラムについて以下に説明する。

(1) オペレーティング・システム

BASIC インタープリター（タンディ社ラジオ・シャック・レベルⅡ BASIC）とデジタル・カセットテープ装置 I/O ルーチン（ティアック）で構成される原システムを、ブラウン管画面にモニター表示用スペースを確保するため、3台目のテープ装置の使用、割り込み機能の利用等に伴って一部変更している。変更部はすべて RAM 内に置かれ、システム RAM を通じて原システムと結合させている。

(2) 割り込み維持プログラム

初期設定、割り込み開始、同停止及び暴走時リセット後の割り込み再開のためのプログラム群である。このプログラムは主としてデータ処理プログラム内より引用して実行される。この引用文はすべてのデータ処理プログラム中に、各機能毎に同一文番号で含まれている。

(3) 割り込み処理プログラム

このプログラムは、分信号検出、データ取り込み、カセットテープへの書き込み、エラー発生時処理が主要な処理内容となっている。

40 Hz 割り込みにより分信号線のレベルを調べ、立ち上がり検出時のみ、データ取り込みルーチンに移る。立ち上がり検出は連続する 8 回の割り込みの分信号線検査結果に基づいているので、雑音による誤動作は皆無に近い。モニターとして年月日時刻、チャンネル番号、同略称、読み込みデータ、同一チャンネルの前回読み込みデータがブラウン管最下行に常時表示される。その上の行にはエラー・メッセージ及びテープ装置の動作状況が表示される。(Photo. 1) カセットテープ装置では、偶数時毎に120データずつテープに書き込み、毎日 0 時には、前日分の記録のファイルを閉じ、新ファイルを開設する。

3.3 データ処理プログラム (BASIC)

処理対象のデータを格納するためのメモリー 8K バイトが BASIC 用領域とは別に確保されている。そのため BASIC インタープリターによる変数の初期設定の影響を受けず、常にデータは保持されている。このメモリーへのデータ収納はオペレーティング・システム中のカセット I/O ルーチン又はバッチ処理プログラムを用いて 1 ファイル単位で行なわれる他、実時間処理プログラムでは毎分の集録データがその都度収納される。

(1) 実時間データ処理プログラム

このプログラムは他の BASIC プログラムを実行していない時に常に実行させておくもので、エンドレス・ループになっていて、毎分のデータ集録チャンネルの最新データ半日分をグラフィック表示 (Photo. 1) すると共に、10分毎にデータリストをプリンタへ出力する。このプログラムの先頭部には前回の実行中止時以後のデータのバッチ処理部を持つ (Fig. 4 参照) ので、他のプログラムを実行しても、データリストはとぎれることがない。その他の実時間処理としては、今のところ湧水量の積算値から20分間量への換算を行なっているだけだが、今後各種の機能の追加が可能である。例えば各チャンネル毎に限界値を与えて、それを越える変動のあった時にメッセージを出させることも考えられる。

(2) バッチ・データ処理プログラム

データ集録テープを処理するプログラムの総称である。通常1箇月単位で処理するが、データ蓄積に伴ない長期間データの一括処理も行なう。解析処理プログラムは今後開発していく。

一般的な処理手順は、欠測部やチャンネル走査順序に異常が生じた部分等に、実集録時刻を示す注釈バイトを挿入後、原テープの日別ファイルからデータ順序を再構成して成分別ファイルテープを作る。その後、各成分毎に、感度をかけ、直線回帰係数を求め、プロッタでグラフを出力する。水管傾斜計のデータでは両端点の差をとる操作、積算計数データは微分操作等が必要に応じて実行される。プロッタ出力により折れ線グラフの他、棒グラフ及びベクトル図を書かせることも可能である。

4. 観測結果

本システムにより集録し、バッチ処理プログラムでプロッタへ出力した記録を Fig. 5 以下に示す。Fig. 5 ~ Fig. 7 には1箇月分の観測結果として、1980年10月の記録を示す。Fig. 5 は伸縮計6成分、Fig. 6 は水管傾斜計3成分と水平振り型傾斜計4成分、Fig. 7 は降水量と湧水量を各々プロットしたものである。

Fig. 5 と Fig. 7 を参照してみると、Fig. 5 において12日、14日、20日~21日、24日にみられる急激な伸縮変化は降雨による湧水量の増加と対応することが分かる。当観測所の伸縮計記録と雨量・湧水量との関係についてはすでにいくつか指摘されている¹⁾が、30 mm 程度以下の雨なら伸縮計に影響を与えないこと(4日の例)、降雨時 E-3 成分では縮みの後、伸びに転ずること、鉛直成分に非常に大きな伸びが生じること等は Fig. 5 にも明瞭に表れている。E-2 成分の変化が極めて小さいのは1977~1978年頃とは異なった傾向である。Fig. 6 によると傾斜変化に及ぼす降雨の影響は、伸縮変化に対するものほど顕著ではなく、回復もはやい。当観測所の東方2 km 以東には日向灘が広がっており、東西成分の記録には海洋潮汐の影響が大きく表れている。Fig. 7 では降水量は積算表示をしているが、微分して棒グラフに表示することも可能である。

Fig. 8, Fig. 9 は長期間データの処理結果として、1980年9月のデータ集録開始時より同年末まで、伸縮計 (Fig. 8) 及び傾斜計 (Fig. 9) のそれぞれ主要成分の記録をつないでプロッタに出力したものを示す。これらの図も1箇月グラフと同じプログラムにより描かれたもので、パラメーターの選択により任意の期間のグラフが出力できる。

Fig. 8 によれば9、10月にみられる急激な変化は11月、12月にはみられない。これは降水量が9月 457 mm, 10月 608.5 mm に対して11月 91.5 mm, 12月 28 mm と少なく、30 mm 以上の降雨は11月20日に 35

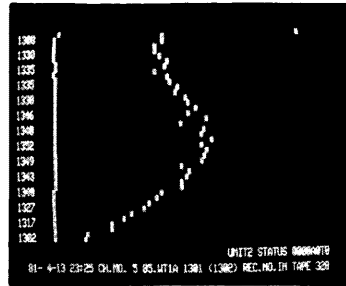


Photo. 1. Monitor display of the data acquisition on CRT screen.

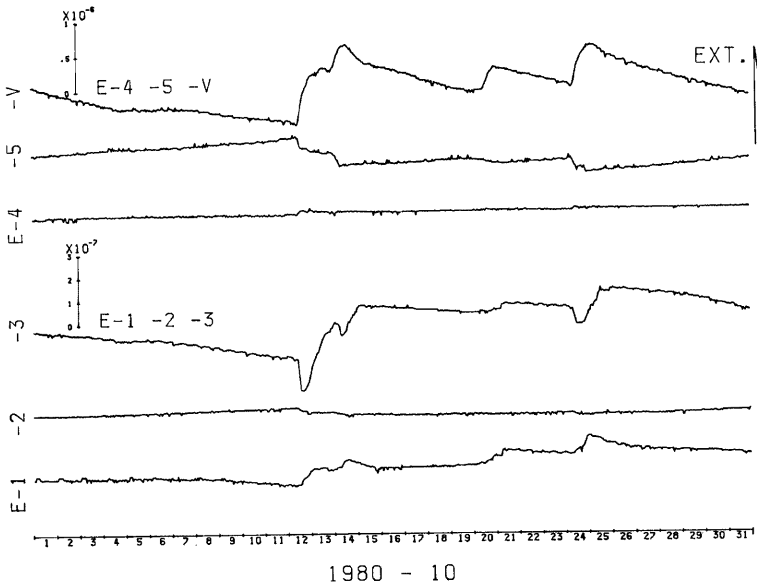


Fig. 5. Ground-strains observed in Oct. 1980. Marks are the same as in Fig. 1.

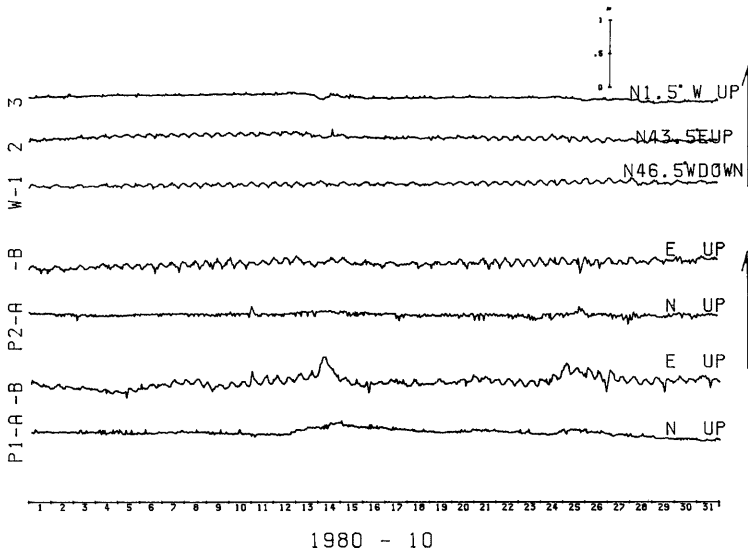


Fig. 6. Ground-tilts observed in Oct. 1980. Marks are the same as in Fig. 1.

mm, 同21日に 31 mm 降っただけにとどまったためである。その結果この両月は3成分共単調な変化を示しているが、降雨による影響がどのように回復するかがまだ明らかではないため、季節変化、永年変化についての議論はできない。Fig. 9 から9~12月の傾斜変化ベクトルを求めてみると、その大きさは P1 が、 $2.46''/\text{year}$, P2 が $2.21''/\text{year}$ と両者が非常によく一致し、方向も P1 が $W8^{\circ}S$ 下がり、P2 が $W27^{\circ}S$ 下がりとなりの一致を示す。これらの値は観測開始以来の永年変化とも調和するものである。

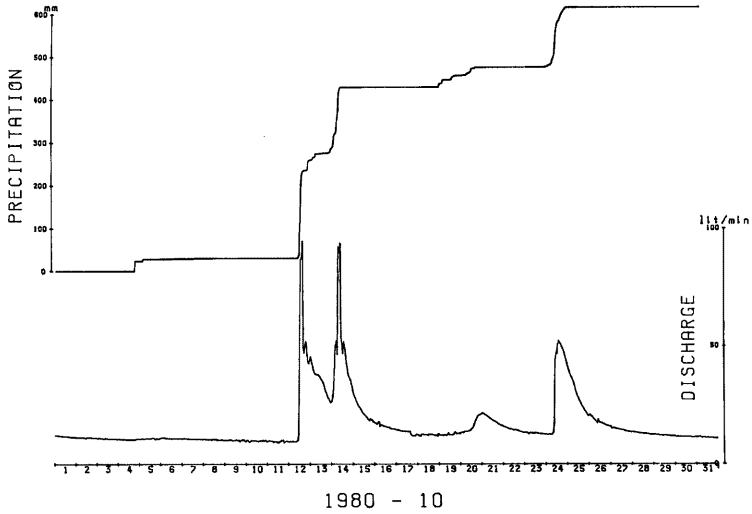


Fig. 7. Precipitation (accumulative representation) and amount of water discharge in the vault observed in Oct. 1980.

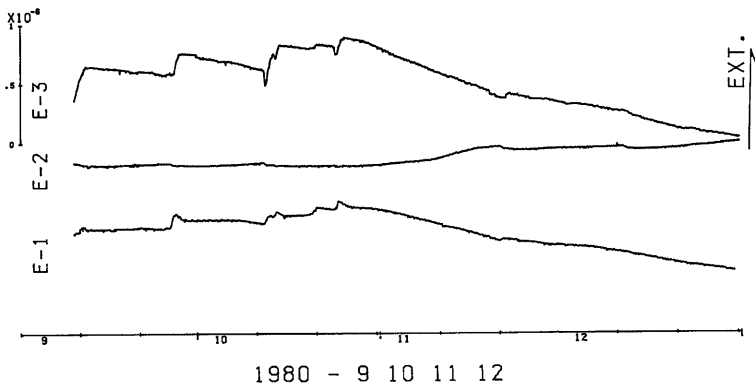


Fig. 8. Ground-strains observed in the period Sep. 10~Dec. 31, 1980. Marks are the same as in Fig. 1.

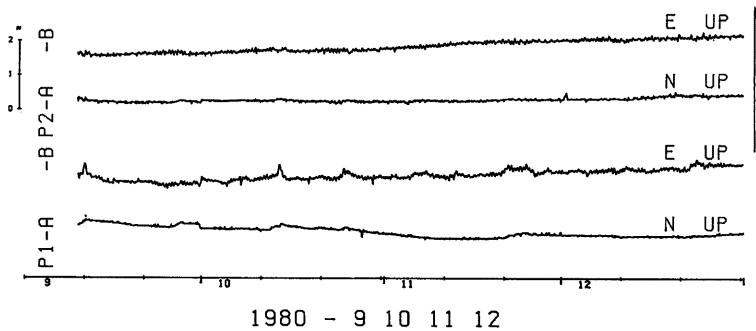


Fig. 9. Ground-tilts observed in the period Sep. 10~Dec. 31, 1980. Marks are the same as in Fig. 1.

5. おわりに

本システムによるデータ集録開始後、半年あまり経過したが、大きなトラブルもなく動作している。

システムの完全化のために今後に残された問題は停電対策である。現在のシステムでは、停電するとRAMの中身がすべて消失するために、まだテープに書き込まれていない集録済みデータが失われる。同時にプログラムも消え、初期設定手順がマニュアル操作であることと相まって、通電再開後は入手により全初期操作を行わなければデータ集録を開始できない。この対策として、(1)システム全体の無停電化、(2)メモリーの一部を不揮発化及びROM化し、通電時に自動起動する、の2方法が考えられる。今のところ、観測システムが無停電化していないこと、自動起動は日常の点検時にも便利であること等、及び経済性の点から後者の方法を検討中である。なおソフトウェア関係では、データ処理プログラムに改良の余地があるが、これは今後も機能の拡充を図っていく開発途上のものであり、データ蓄積と使用経験の累積により整備を継続していく予定である。

マイクロプロセッサ使用のパーソナル・コンピューター・システムで割り込みを利用してデータ集録をすることは原理的には目新しい点がないにもかかわらず一般化しているとは言いがたい。既製の小規模なパーソナル・コンピューターではユーザーによる割り込みの使用は考慮されていないものが多く、いくつかの機種で拡張インターフェイスを利用して割り込みが可能であるものの、オペレーティング・システムがそれに対応していないため、機械語レベルでの使用となる。従って機械語プログラムを使うのなら、むしろプロセッサICを中心に専用回路を組むか、ワンボード形式のコンピューターを利用することになるであろう。

本稿のシステムの作製にあたっては、機械語プログラムを作成する時はPS-80を開発ツールとして使用し、一方データ処理プログラムはBASICマシンとしてのPS-80を活用することにより、機械語によるプログラミングの数分の一の時間で、はるかに複雑な内容のプログラムを作ることができた。本システムでは割り込み機能とパーソナル・コンピューターとしての便利な機能との結合を果たしたが、毎分1データという低速サンプリングのデータ集録装置としては充分使用に耐えることが分かった。(サンプリング速度はテープ書き込みに必要な時間で制限されるが、現行システムでは1Hz程度までは可能である。)なおデータ処理装置としては一般のBASIC使用機と同様の性能をもつが、本システムではデータ集録作業と有機的なつながりをもっているのが特徴である。

最後に、観測システムのデジタル出力部を設計・製作された屯鶴峯地殻変動観測所の尾上謙介氏及び本システムの設置・観測に御協力頂いている宮崎地殻変動観測所の園田保美技官に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 高田理夫・古沢 保・竹本修三・尾上謙介・寺石真弘・園田保美：宮崎地殻変動観測所における地殻変動観測（第1報），京都大学防災研究所年報，第22号 B-1，1979，pp. 61-77.
- 2) 古沢 保・尾上謙介・高田理夫：屯鶴峯における光電変換装置による伸縮計のデジタル観測，測地学会誌，第19巻第2号，1973，pp. 76-84.