

伊豆大島テレメータ受信システムの構築

村田泰章* 牧野雅彦** 中塚 正**

MURATA, Y., MAKINO, M. and NAKATSUKA, T. (1987) Development of telemetry system for the monitoring of the Izu-Ōshima Volcano. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 38(11), p.731-739.

Abstract : A telemetry system has been developed as a countermeasure against the 1986 eruption of Izu-Ōshima Volcano. The Geological Survey of Japan established an observation system to monitor various activities and to predict any future eruptions.

By viewpoint of the telemetry system, the observation instruments are subdivided into four groups. The first group is composed of 115 extensometers, 6 earth pressure gauges, 2 pore water pressure gauges, 20 H₂ gas sensors and 5 geothermometers. The second group consists of two gaschromatographs. The third group consists of a multi-component gas sensor and two H₂ gas sensors. The last group for the ground water observation is composed of levelmeter, thermometer, electric conductivity meter, barometer, precipitation meter at five wells.

The data from the instruments of four groups in Ō-Shima are sent to a minicomputer (HP-9000 model 320) at Tsukuba. The functions of the minicomputer are; (1) to read data from the modem, (2) to store them into the disk unit, (3) to reduce them for instrumental parameters, (4) to detect anomalous events, (5) to send the reduced data and alarm messages on events to the Japan Meteorological Agency in Tokyo, and (6) to make graphic presentations to show time dependent variations.

1. はじめに

1986年11月15日に噴火した伊豆大島火山について、地質調査所では、地質、ガス・地下水、地殻変動、情報処理の4グループから構成される大島火山噴火対策特別チームを編成し、緊急観測監視体制に入った。情報処理グループは、大島に設置された各種の観測装置のデジタルデータを専用回線を通して地質調査所で受信・処理するシステムの開発を担当することとなった。

大島に設置された観測装置は、伸縮計等(伸縮計, 土圧計, 間隙水圧計(遠藤ほか, 1987)及び近傍に設置された水素ガスセンサー, 温度計(風早ほか, 1987)からなる), ガスクロマトグラフ, マルチガスセンサー, 地下水水位計(水温計, 電気伝導率計, 気圧計, 雨量計を含む)(安原ほか, 1987)である。これらの装置から定時に送信されるデータについて、その受信とグラフ化のためのテレメータ受信システムを開発した(中塚ほか, 1987)。このテレメータ受信システムによって、大島の観測機器のデータをリアルタイムで観測し、即座に解析することが可能になった。

各測定データを受信するまでの経過は、噴火後約50日の12月20日にガスクロマトグラフのデータを受信しはじめたのを皮切りに、伸縮計関係は12月30日から、地下水水位計は1987年5月7日¹⁾から、最後のマルチガスセンサーは同7月7日²⁾からデータを受信している。

システムの開発は、データ受信解析プログラムを中塚、グラフルーチンプログラムを牧野、ハードウェアとグラフのメニュープログラムを村田が、それぞれ主に担当した。

2. データの流れ

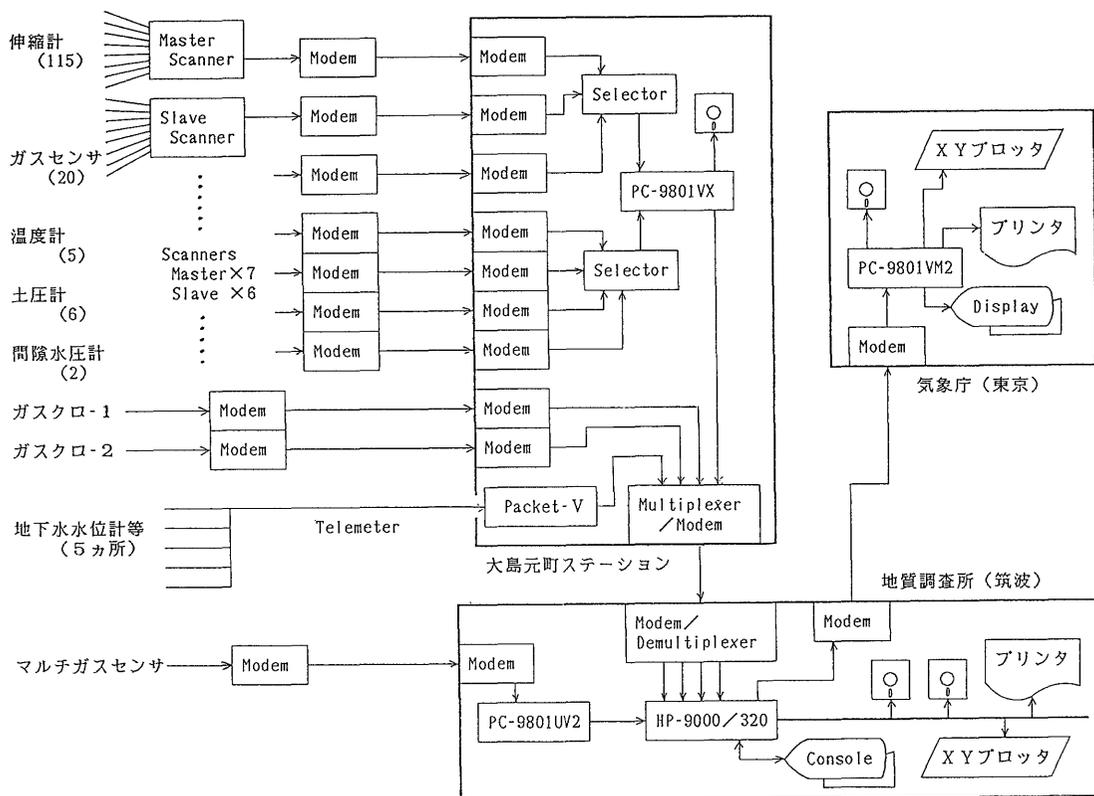
地質調査所に設置した受信システムの基本的な役割は、大島から送られる各種観測機器のデータを取り込み、処理した後データを保存し、そのデータとアラーム等のメッセージを気象庁へ出力することである。そのデータの流れを第1図に示す。

第1図の左端に示されているテレメトリ対象のデータの概要は、以下の通りである。なお、これら観測機器の

1) デジタルデータの通信開始日。アナログデータの取得処理は、1986年12月21日から行われた。

2) 商用電源の得られない三原山火口へのマルチガスセンサーの設置、及び通信システムの開発にかなりの時間を要した。

* 地質情報解析室
** 物理探査部



第1図 大島テレメータシステムの構成とデータの流れ
Fig.1 Data flow diagram of Ō-Shima Telemetry System.

設置場所を、第2図に示す。

(1) 伸縮計等

11 測線で、合計 115 点のインバール線式伸縮計の累積変位値が送信される。データの送信間隔は 1 時間であるが、任意の時刻に受信システムから起動をかけてデータを取り込むこともできる。伸縮計の測線には、水素ガスセンサー、温度計、土圧計、間隙水圧計のセンサーが併設され、伸縮計のデータと一緒に送信される。第1表に測線ごとのセンサー数を示す。

(2) ガスクロマトグラフ

垣原と奥山に設置され、各々 3 地点の地下水と標準ガス、空気の 5 つを 1 時間間隔で計測し、1 時間休むという 6 時間サイクルの測定を行い、測定ごとに、検出された成分名と検出値を送信する。

(3) 地下水水位計

新開、北の山、元町、シクボ及び垣原の 5 ヶ所に設置され、高感度水位、低感度水位、水温、電気伝導度、気圧、雨量のデータが 10 分間隔³⁾で送信される。

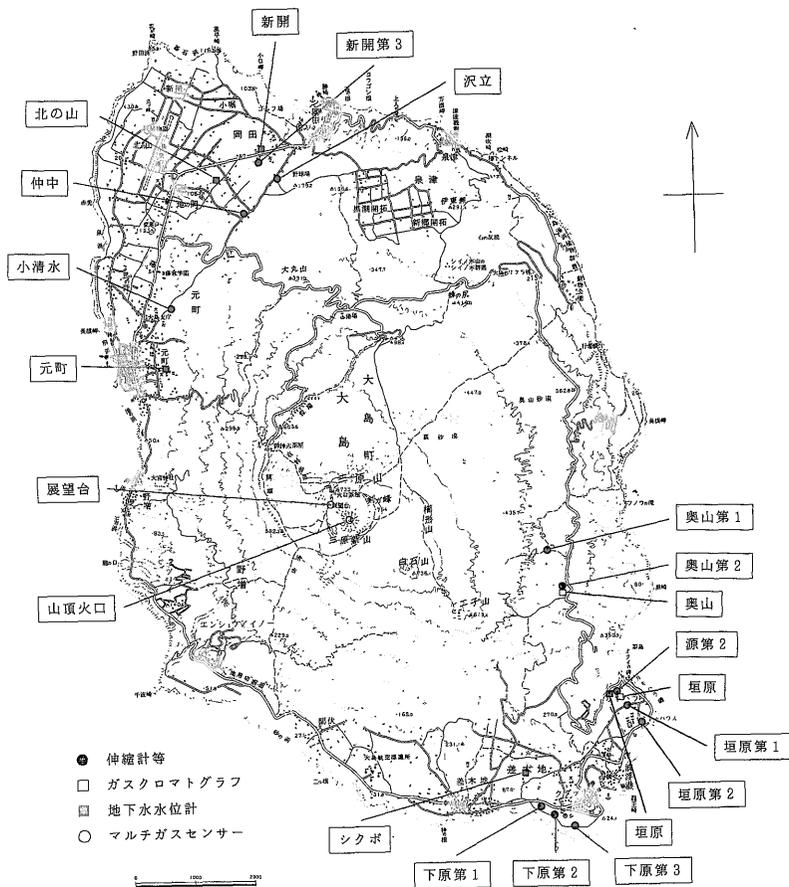
(4) マルチガスセンサー

展望台に設置されたマルチガスセンサーから、地下ガスと空気について、①セル温度、② Low Range H₂ 濃度、③ Middle Range H₂ 濃度、④ High Range H₂ 濃度、⑤ CO₂ 濃度、⑥ O₂ 濃度、の各 6 項目の測定値及びガス温度、電源電圧の計 14 個のデータが 6 時間ごとに送信される。また、山頂火口に、2 つの水素ガスセンサーを設置して 30 分ごとに、その測定値が送信される。

上記のデータのうち、マルチガスセンサーを除く各データは、その設置場所から大島に設置された大島元町ステーションまで、専用回線で送信される。大島元町ステーションでは、伸縮計等、2 台のガスクロマトグラフ、地下水水位計の 4 回線のデータを 4 チャンネルマルチプレクサに入力する。4 チャンネルマルチプレクサでは、4 つの RS-232C ポートを 1 つの通信回線で地質調査所に送り、地質調査所に置かれたもう 1 台の 4 チャンネルマルチプレクサで 4 つの RS-232C ポートに戻している。

3) 現地でのデータ取得は 2 分間隔であるが、元町ステーションで 10 分間隔に変換される。

伊豆大島テレメータ受信システムの構築 (村田ほか)



第2図 テレメトリされている観測機器の設置場所と測線名 基図には、国土地理院発行の5万分の1地形図「大島」を使用した。
Fig.2 Locations and names of the telemetric stations and the measuring lines.

第1表 伸縮計等の測線ごとのセンサー数
Table 1 Number of sensors in each measuring line.

測線名	略号	伸縮計	ガスセンサー	温度計	土圧計	間隙水圧計
奥山第1	OK 1	13	4	1	—	—
奥山第2	OK 2	5	5	2	—	—
源第2	MN 2	3	1	—	—	—
垣原第1	KK 1	7	5	—	—	—
垣原第2	KK 2	6	—	—	—	—
下原第1	SM 1	5	—	—	—	—
下原第2	SM 2	—	1	—	—	—
下原第3	SM 3	24	—	—	6	2
新聞第3	SK 3	5	3	1	—	—
沢立	STT	12	—	—	—	—
仲中	NKT	19	1	1	—	—
小清水	KSM	16	—	—	—	—

地質調査所側の4チャンネルマルチプレクサの4回線の出力は、各データ種別ごとに定められた受信システムのRS-232C入力ポートに入力される。

マルチガスセンサーについては、大島元町ステーションを経由せず地質調査所に公衆回線で直接送信され、パーソナルコンピュータでいったん受信してから受信システムに入力される。

受信システムでは、入力されたデータについて、データ変換をして磁気ディスクへの保存や、各データに設定されたアラーム条件の判定などの解析を行う。また、解析者の起動によってグラフ出力などの処理も行う。入力されたデータは見やすい形式に変換して、アラーム等のメッセージとともに気象庁に送信する。また、受信システムで作成した図形データを毎日定時に気象庁に送信し、気象庁のXYプロットに出力している。

3. ハードウェア構成

受信システムのハードウェアは、ヒューレットパッカード社のミニコンピュータ HP9000 モデル 320 で構成され、32Bitの処理能力を持つCPUと6MBの内部メモリを持つ。ディスプレイは、17インチのモノクロビットマップディスプレイで、キーボード、マウスと組み合わせてマルチウィンドウ機能が使用できる。磁気ディスク装置は、カートリッジMT付き55MBと、80MBの計135MBである。また、受信した生データを保存するために2ドライブのフロッピーディスクが2台接続されている。データの出力用にはプリンタ、及びA3サイズまでの作図ができる8ペンの自動給紙プロッタが接続されている。また、入力されるデータの種類の多いと、気象庁に出力しなければならない等のことから、入力ポートを8ポート増設し計9ポートとしている。

さらに、所内LANに接続して、所内LANに接続さ

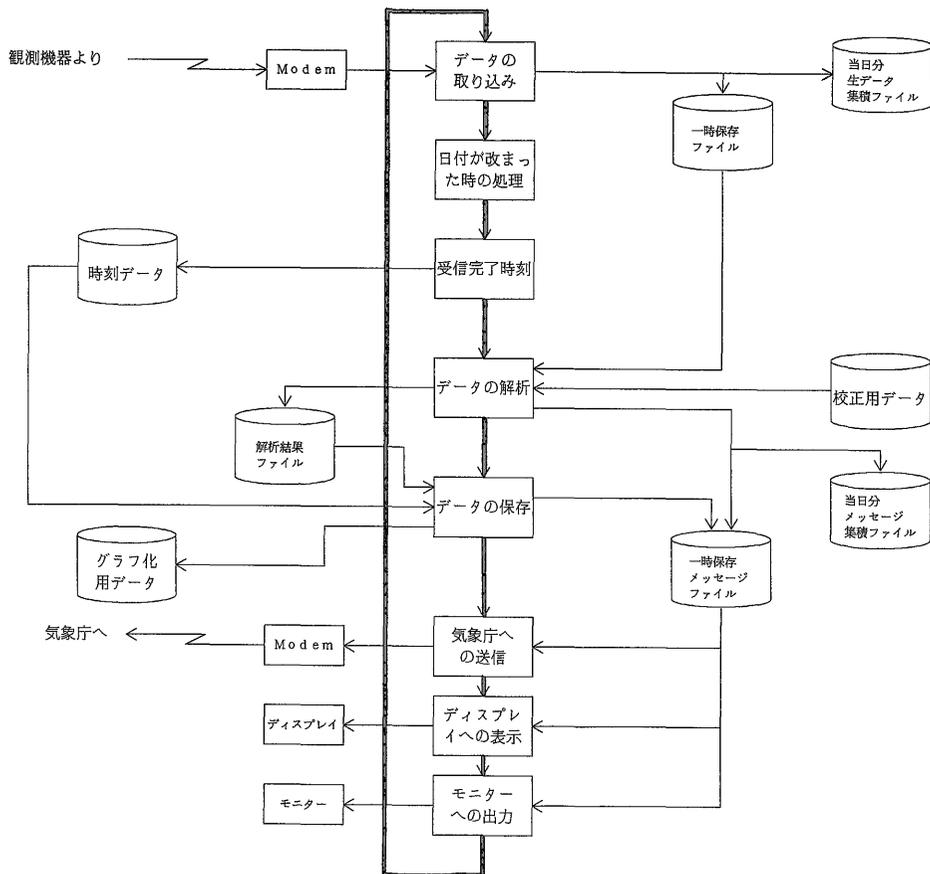
れる他の計算機とデータやプログラムの通信を行うために、イーサネットのインターフェースボードとソフトウェアが用意されている。

この他には、瞬断あるいは短時間の停電対策用に2KVAの容量の無停電電源装置が使用され、最低8分のバックアップが可能である。

このシステムのOSはUNIX(hp-ux)で、マルチユーザ、マルチタスクをサポートするものである。各データ種別ごとの受信プログラムや、グラフ化のプログラム等はそれぞれ別のタスクで処理して、一つのタスクの状態が他に影響を与えないようにしている。また、タスクごとの優先順位を変えることができ、入力などの大事なタスクの優先順位を高くすることが可能である。

4. データの受信処理

テレメトリされるデータは、大島から一定時間ごとに自動的に送られて来るため、データ種別ごとの各受信プ



第3図 データの受信処理のフロー図 太線が処理の流れ、細線がデータの流れを示す
Fig.3 Flow diagram of the data processing on the minicomputer at Tsukuba.

ロプログラムは絶えず入力待ちの状態になっていなければならない。対応するデータが入力されると、受信プログラムは、取り込み、解析、保存・出力の処理を行い、再び入力待ちの状態に戻る。その処理のフローを第3図に示す。以下に各処理について述べる。

4.1 データの取り込み

ここでは、大島から送信されるデータを、入力ポートから読み込み、当日分生データ集積ファイルと、次の解析プログラムへデータを渡すための一時保存ファイルに書き込む。大島から送信されるデータの通信フォーマットを第4図に示す。当日分生データ集積ファイルは日付が変わったとき(0時を過ぎて最初のデータが来たとき)に、フロッピーディスクに保存される。生データ集積ファイルには、1回分の複数行の入力データを、セミコロン;を行のセパレータとして1行に変換して保存する。また、入力される時刻の監視を行い、一定時間以上データが入力されないと、データ欠測のアラームを発生する。

4.2 データの解析

一時保存ファイルに書き込まれた1回分のデータを読

み込み、ガスデータの濃度への変換や、地下水水位計データの物理量への変換等の解析を行う。次に解析の結果として得られた数値に対して、各データごとに第2表のように決められているアラーム条件の判定を行う。アラーム判定の結果は、一時保存メッセージファイルと、当日分メッセージ集積ファイルに出力される。また、解析された数値を解析結果ファイルへ出力する。

4.3 保存と出力

解析結果ファイルは、グラフを書くための2つのファイルに追加される。1つは、各測定データを1時間ごとに抜き出し、1日単位のファイルにして、7日間保存するものである。もう一つは、1日の最初のデータだけを抜き出し、1月単位のファイルにして、6ヶ月保存するものである。

また、入力と解析の際に生じる各種メッセージや、データ値を気象庁へ送信し、アラームの際には気象庁のモニターのベルをならし警告する。また、気象庁に送るものと同じメッセージを受信システムのディスプレイ装置とモニターへ出力する。

a) 伸縮計等	
<pre> ...START... CR LF yyymmddhhmm CR LF chn val CR LF chn val CR LF ...END... CR LF </pre>	<p>yyymmddhhmm 年月日時分 chn チャンネル番号 (チャンネル番号とセンサーとの対応はテーブルファイルで指定する。) val 測定値</p>
b) ガスクロマトグラフ	
<pre> ENQ...DATE\$,yy/mm/dd...TIME\$,hh:mm...ANAL,spn,unt... CR LF cmp...,,,val,... CR LF cmp...,,,val,... CR LF ETX </pre>	<p>yy/mm/dd 年月日 hh:mm 時分 spn サンプル番号 unt ガスクロ番号 cmp 成分名称 val 測定面積値</p>
c) 地下水水位計	
<pre> ...STX... CR LF hhmm CR LF n SP i SP vi SP i SP vi --- SP i SP vi CR LF n SP i SP vi SP i SP vi --- SP i SP vi CR LF ...EOT... CR LF </pre>	<p>hhmm 時分 n 測点位置 (1~8) i 測定種目 (1~8) vi 測定値 --- SP i SP vi の繰り返し</p>

d) マルチガスセンサー 1	
<pre> START CR LF yyymmddhhmm CR LF t2(1),h1(1),h2(1),h3(1),co2(1),o2(1) CR LF t2(2),h1(2),h2(2),h3(2),co2(2),o2(2) CR LF t1,vp CR LF END CR LF </pre>	<p>yyymmddhhmm 年月日時分 t2 セル温度 h1 Low Range H₂ 濃度 ((1)はガス測定時, (2)は空気測定時の値) h2 Middle Range H₂ 濃度 { " } h3 High Range H₂ 濃度 { " } co2 CO₂ 濃度 { " } o2 O₂ 濃度 { " } t1 ガス温度 vp 電源電圧</p>
e) マルチガスセンサー 2	
<pre> STARHT2 CR LF yyymmddhhmm CR LF hh(1),hh(2) CR LF END CR LF </pre>	<p>yyymmddhhmm 年月日時分 hh(1) H₂ 濃度 (水素センサー1) hh(2) H₂ 濃度 (水素センサー2)</p>

(注) 下線部 ASCI Iコード
大文字 固定文字
小文字 変数
... 任意の文字 (無視される)
; 行の繰り返し

第4図 通信データのフォーマット 各々の上段がフォーマットを示し、下段は変数の説明である。

Fig.4 Communication format of a) extensometers, etc., b) gaschromatographs, c) ground water level meters, d) e) multi-gas sensors. The upper columns in each box show communication format, and the lowers are the explanations of the items.

第2表 測定項目別のアラーム条件
Table 2 Threshold for the detection of anomalous events.

データ種別	判定項目	アラーム条件
伸縮計等	伸縮計変化量	1 mm以上
	水素ガス濃度	1 ppm以上
	温度計摂氏温度	30°C以上
	圧力計圧力値	1 kg重/cm ² 以上
ガスクロマトグラフ	H ₂ 濃度	2 ppm以上
	He/Ne濃度比	0.5以上
	CO ₂ 濃度	1%以上
	濃度合計	95%以下, または, 102%以上
地下水水位計	地下水水位変化量	0.05 m以上
共通	入力書式不当	—
	時刻データの異常	—
	データの欠測	—

5. グラフ処理

無限ループで動いている受信プログラムでは, 最新のデータ値を数字でディスプレイ装置に表示している. しかし, データの変化を見るためには, ある程度の期間のデータをグラフに表わす必要がある. 今回のテレメータ受信システム構築においては, その仕様を各観測機器の担当者と打ち合わせ, グラフルーチンを開発した.

まず, 第3表にグラフルーチンで作図可能な項目と作図単位及び作図の際にテーブルファイルによって変更できるパラメータを示す.

伸縮計等のデータでは, ①伸縮計, ②水素ガス, ③温度計, ④圧力計のデータ値そのものと, ⑤伸縮計の変化量を各測線長で割算した歪率, 及び⑥全伸縮計の1時間前, 1日前, 30日前と比較した変化量の計6種類のグラフを出力することができる. テーブルファイルでは,

第3表 図化項目の概要
Table 3 Graphical output items and its outline.

種別	作図項目	作図単位	テーブルファイルで指定可能なパラメータ
伸縮計等	伸縮計累積変位	1 測線中の全点	エラーデータの修正とシフト量
	伸縮計歪率	指定測線 (複数)	出力する測線とエラーデータの修正とシフト量
	伸縮計変化量 (1時間前, 1日前, 30日前との比較)	全測線の全点	エラーデータの修正
	水素ガス濃度	1 測線中の全点	エラーデータの修正とシフト量
	温度計摂氏温度	1 測線中の全点	エラーデータの修正とシフト量
	圧力計圧力値	1 測線中の全点	エラーデータの修正とシフト量
ガスクロマト グラフ	ガス濃度	1 台	出力項目 (H ₂ , He, Ne, CO ₂ , CH ₄ , O ₂ , N ₂ , Ar, または He/Ne濃度比) の指定と, グラフY軸の上下限値と分割単位
地下水水位計	各井戸での指定測定項目	1 井戸	出力項目 (高感度水位, 低感度水位, 水温, 電気伝導度, 気圧, 雨量) の指定と, グラフY軸の上下限値と分割単位
	指定井戸 (複数) の水位	元町の気圧, 雨量と指定井戸の水位	出力する井戸の指定と, グラフY軸の上下限値と分割単位
	指定井戸 (複数) の水温	元町の気圧, 雨量と指定井戸の水温	出力する井戸の指定と, グラフY軸の上下限値と分割単位
	指定井戸 (複数) の電気伝導度	元町の気圧, 雨量と指定井戸の電気伝導度	出力する井戸の指定と, グラフY軸の上下限値と分割単位

各々の点のエラーの修正と、Y軸のシフト量を指定できる。

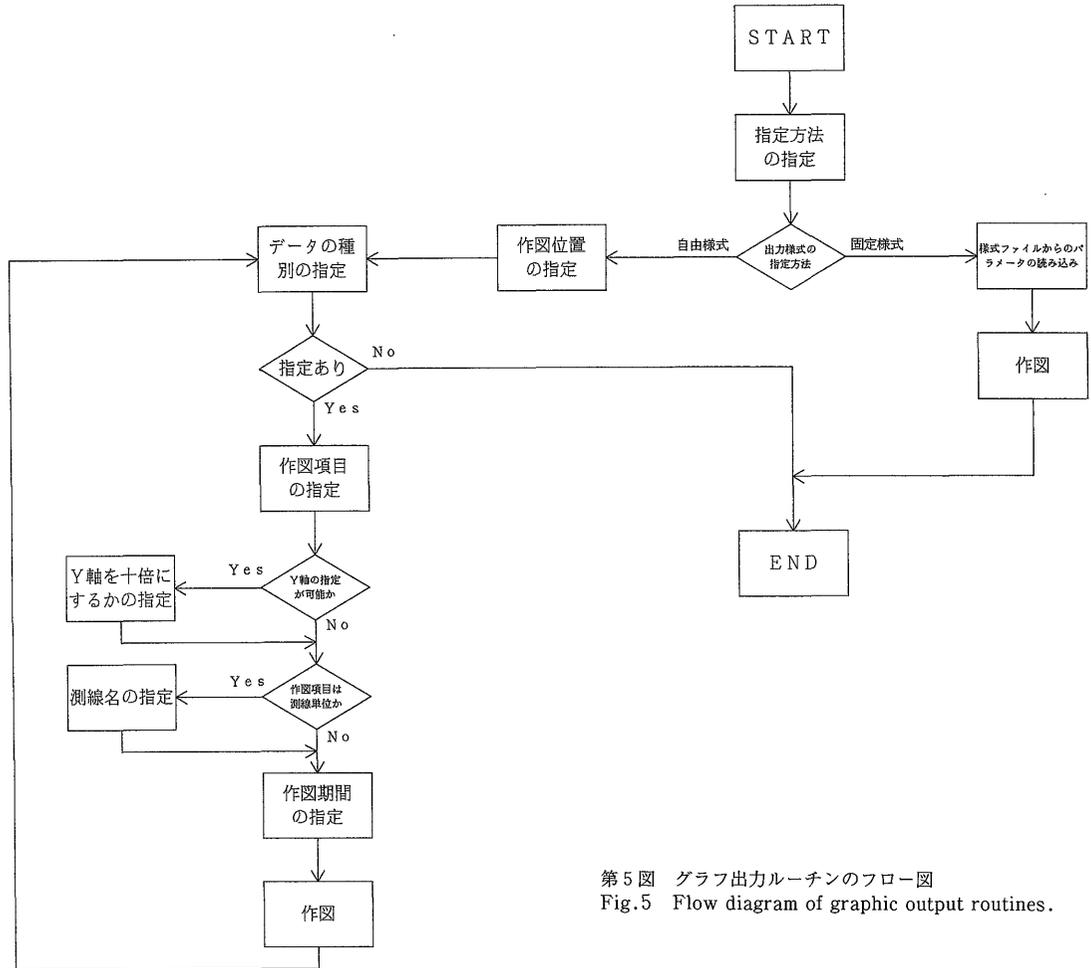
ガスクロマトグラフでは、グラフ化ファイルに保存されている H₂, He, Ne, CO₂, CH₄, O₂, N₂, Ar の各濃度値と、He/Ne 濃度比を出力することができる。出力する成分と作図時の Y 軸の上下限値はテーブルファイルで指定する。

地下水水位計では、①各井戸について測定項目を並べて出力するものと、②水位、③水温、④電気伝導度について、井戸を並べて出力するものの4種類の作図ができる。テーブルファイルでは、出力項目と、出力する井戸、及び、Y 軸の上下限値を指定する。

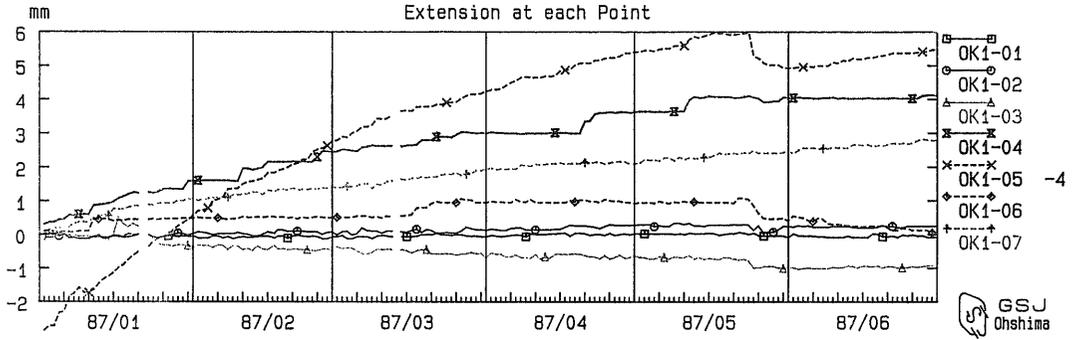
グラフルーチンでは、第3表の項目をメニューシステムで選択し、グラフを出力する。そのメニューの流れを第5図に示す。メニューでは、最初に出力様式の指定方法を選択する。指定できるのは自由様式、または固定様

式のいずれかである。固定様式を指定する場合、あらかじめ、毎日出力する様式と毎週出力する様式を、様式ファイルに書き込んでおく必要がある。固定様式を指定すると、グラフルーチンは様式ファイルからパラメータを読み込み、自動的に作図を行う。自由様式では、項目、期間などの様式を、第5図に示すような流れに従い対話形式で指定し作図を行う。

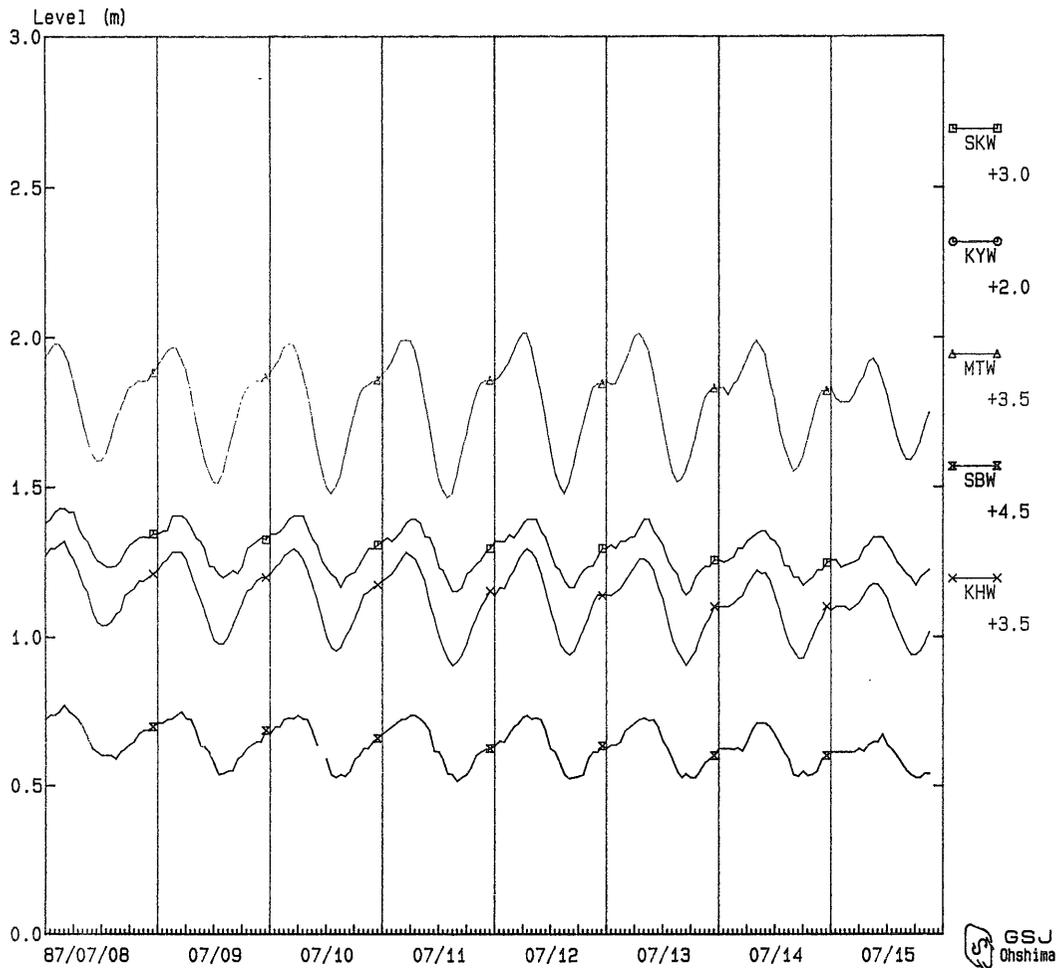
グラフの例として、第6図に伸縮計累積変位値グラフを、第7図に地下水水位計の水位のグラフを示す。伸縮計累積変位値グラフは、横軸にメニューで指定する可変な時間軸をとり、縦軸に固定の変位値をとる。グラフでは伸縮計単位で縦軸方向にシフトさせることができ、その量は伸縮計名の右に示される。作図は測線単位であるが、測線に含まれる伸縮計の台数が9以上の場合、複数のグラフに分割して出力する。地下水関係のグラフは時間軸は伸縮計と同じであるが、縦軸の上下限値と分割単



第5図 グラフ出力ルーチンのフロー図
Fig.5 Flow diagram of graphic output routines.



第6図 伸縮計データの図化出力形式(例)
 Fig.6 Graphic output of data from the extensometers.



第7図 地下水水位データの図化出力形式(例)
 Fig.7 Graphic output of data from the ground water level meters.

位、及び井戸ごとのシフト量はテーブルファイルで指定可能である。また例には示さなかったが、このグラフの上に元町の気圧のデータ、下に雨量のデータが自動的に作図される。

6. おわりに

伊豆大島の噴火後、わずかな期間で開発したテレメータ受信システムについて述べた。この受信システムの基本的な機能は、大島から送信される伸縮計等、ガスクロマトグラフ、地下水水位計、マルチガスセンサーのデータについて、受信し保存の後、定められたアラームの判定をして気象庁に転送することである。さらに、噴火予知の判断の手助けとなる、グラフ化ルーチンも合わせて開発した。

このシステムの開発において特徴的なことは、次の点である。

- (1) 噴火監視のため緊急を要した。
- (2) 対象とする観測機器と、その目的とするところが多く要求が多様であった。
- (3) 24時間運転なので、通常は無人で稼働できるようにした。
- (4) データを受け取るだけではなく、気象庁に転送する必要があった。

今後の課題としては、整備されつつある所内 LAN を通したデータ、プログラムの転送による高度なデータ解析環境の整備が必要とされる。また、このシステムを、今後の他のテレメータシステムへ応用することも考えられる。

謝 辞 システムの開発に当たっては、地殻熱部西祐司 (現 新エネルギー総合開発機構)、環境地質部高橋 誠の両氏より数々の御教示、助言を戴いた。ここに記して謝意を表する。

文 献

遠藤秀典・釜井俊孝・角井朝昭 (1987) 伊豆大島火山 1986 年の噴火—割れ目とその伸縮観測について—。地質ニュース, no.392, p.19-33.

————— (1987) 伊豆大島における伸縮観測。地調月報, vol.38, p.659-675.

風早康平・加藤 完・高橋 誠・安藤直行・大隅多加志・平林順一・日下部実 (1987) ガスセンサーによる伊豆大島割れ目土壌ガス中の水素ガスモニタリング。地調月報, vol.38, p.677-688.

田口雄作・安原正也 (1987) 伊豆大島における地下水水位等の連続観測。地調月報, vol.38, p.705-717.

中塚 正・村田泰章・牧野雅彦 (1987) 大島火山噴火対策テレメータ受信システムソフトウェアの構成と機能。地質調査所研究資料集, No.36, 72p.

(受付: 1987 年 7 月 30 日; 受理: 1987 年 10 月 5 日)