

防災科学技術研究所における火山活動観測データ処理・解析システム —三宅島のデータ処理について—

藤田英輔*・鵜川元雄*・山本英二**

Volcanic Data Analysis System of NIED —On the Procedure for Volcanic Observation Data at Miyakejima Volcano—

By

Eisuke FUJITA*, Motoo UKAWA*, and Eiji YAMAMOTO**

**Earthquake Research Center, **Solid Earth Research Division,
National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan*

Abstract

The outline of the volcanic data analysis system procedures is reported herein. NIED volcanic observation networks have been developed around Mt Fuji, Izu-Oshima volcano and Miyakejima volcano using seismometers, tiltmeters and many other kinds of sensors in order to gather information on the volcanic activities from different angles. The data are continuously telemetered to NIED at Tsukuba. Seismic and low sampling data, like tilt data, are processed automatically and manually, enabling real time monitoring of volcanic activities, and the satisfactory interpretation during the activities of the Miyakejima volcano in 2000. The volcanic data analysis system consists of pre-processing machinery, processing machinery, analysis machinery, data accumulation machinery, and data transfer machinery, and the first two machines are dual systems that assure the safety of the acquisition of the data. For seismic data, both triggered and continuous waveform data are saved to HDs, CD-ROMs or 8mm tapes, and for low-sampling data, the data are saved to HDs and 8mm tapes so that we are able to retrieve and select them on-demand easily using data-base software. In this report, we focus on the analysis of the data obtained by the Miyakejima volcano observation network.

Key words : Volcanic observation, Data analysis system, Miyakejima volcano

1. はじめに

火山噴火予知研究のための観測にテレメータが導入され、観測データの集中処理が行われるようになった1980年代以降、多種・多量のデータをいかにリアルタイムで処理・解析するかは、火山噴火予知の実用化を図る上で、大きな課題であった。1990年代後半からワークステーションが普及し、これらのデータ処理・解析に従来のミニコンピュータに置き換わって利用可能となり、UNIXにより分散型のデータ処理やこまやかな画面表示、対話

形式の操作が容易になってきている。

防災科学技術研究所で三宅島、富士山、伊豆大島に整備を進めている火山活動観測網のデータ処理・解析においても、データの即時処理・解析システムの開発が重要課題であった。このため、富士山については1995年に、また三宅島・伊豆大島については1998年にデータ処理・解析システムを開発・導入し、二つのシステムで分散型処理を実施、実用的な運用のもとでシステムの稼動について実験してきた。

*防災科学技術研究所 地震調査研究センター

**防災科学技術研究所 地圏地球科学技術研究部

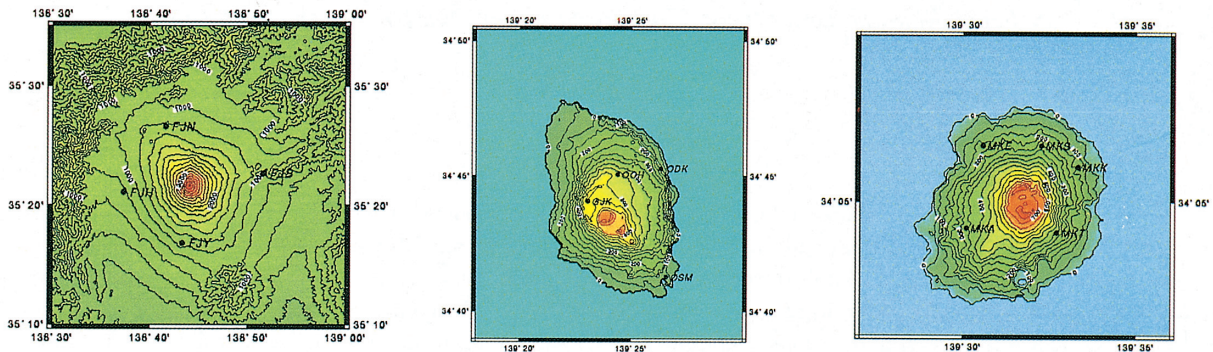
このなかで三宅島で 2000 年 6 月 26 日から火山活動が活発化し、傾斜変動、地震活動等の観測データが、同火山の噴火予知に重要な役割を果たすことになった。今回の三宅島の活動では、隣接する新島・神津島周辺の地震活動も活発化し、多量のデータが約 3 か月にわたって収集されつづけた。この活動は、当初システムを構築した際に予測した活動度以上であったことから、現在のシステムの問題点も把握された。本稿では、三宅島・伊豆大島火山活動観測データ処理・解析システムの内容及び 2000 年三宅島噴火活動に伴うデータ処理の実績と問題点を報告する。

2. 火山活動観測網とデータ処理・解析の概要

図 1 に火山活動観測施設の分布図を示す。富士火山活動網は 1990～1997 年に整備され、富士山山頂からおおよそ 10 km の水平距離に分布する 4 観測点（富士鳴沢・富士吉原・富士須走・富士広見）からなる。

伊豆大島は 1986 年伊豆大島噴火の直前から整備され、1987 年度末までに 3 観測点となった（大島第 1＝御神火、大島第 2＝大島温泉ホテル、大島第 3＝大島動物公園）。特に大島第 1 火山活動観測施設は、1986 年伊豆大島噴火に先駆けた傾斜変動を捉えた実績を持っており（山本・他、1986）、その後の火山活動観測網において傾斜観測が有効であるとの裏づけとなった。

三宅島は 1995 年度より整備が始まり、1998 年度に 4 火山観測施設が完成した。1983 年度に関東・東海地殻活動観測網の観測点として整備された三宅地殻活動観測施設（MKE）を含め、計 5 か所で島内の火山観測を行っている。この三宅島火山活動観測網により 2000 年三宅島噴火の推移を多角的に捉えることに成功した（Ukawa et al., 2000；岡田他、2000）。三宅島における観測項目（表 1）はボアホール式の地震計・傾斜計を主体としており、この他、火山活動に伴うさまざまな現象を捉える目的で、多項目観測を行っている。



富士山

FJN：富士鳴沢火山活動観測施設
FJY：富士吉原火山活動観測施設
FJS：富士須走火山活動観測施設
FJH：富士広見火山活動観測施設

伊豆大島

GJK：伊豆大島御神火火山活動観測施設
OOH：伊豆大島温泉ホテル火山活動観測施設
ODK：伊豆大島動物公園火山活動観測施設

三宅島

MKA：三宅阿古火山活動観測施設
MKK：三宅神着火山活動観測施設
MKT：三宅坪田火山活動観測施設
MKS：三宅三の宮火山活動観測施設
MKE：三宅地殻活動観測施設(*)

*：関東・東海地殻活動観測網の施設

図 1 防災科学技術研究所の火山活動観測網（富士山・伊豆大島・三宅島）

Fig. 1 Volcanic observation network of NIED (Mt. Fuji, Izu-Oshima and Miyakejima).

表 1 三宅島火山活動観測網における観測項目（三宅は関東・東海地殻活動観測施設）

Table 1 Observation items of Miyakejima volcanic observation network (MKE belongs to Kanto-Tokai network).

コード	観測点名	観測項目
MKA	三宅阿古	地震・長周期地震・傾斜・気圧・磁力・温度・雨量・重力
MKK	三宅神着	地震・長周期地震・傾斜・微気圧・磁力・温度・雨量
MKT	三宅坪田	地震・長周期地震・傾斜・気圧・磁力・温度・雨量・重力
MKS	三宅三の宮	地震・長周期地震・傾斜・気圧・温度・雨量・重力
MKE	三宅	地震・傾斜・温度

火山活動観測網により取得されたデータは、つくばの防災科学技術研究所（防災科研）へテレメータされる。AD変換は全て16bitでおこなっており、サンプリングレートは100 Hz（高感度地震計）、20 Hz（広帯域地震計）、1 Hz（低速データ）である。

これらのデータの収録、自動および手動処理を行うシステムは2系統（富士系・三宅系）に分けられる。富士系は平成7年度に富士山火山活動観測網を対象として導入され、平成11年度に第2世代のものに更新された。また、三宅系は平成9年度に導入され、現在第1世代で、平成13年度に更新予定である。三宅系では三宅島火山活動観測網、伊豆大島火山活動観測網のデータ処理を行っており、平成10年10月からは那須岳の地震データの処理も行っている。一方、震源決定等の処理にあたっては関東・東海地殻活動観測網の周辺地域のデータも併合して精度向上を図っている。本稿では三宅系の火山活動データ処理システムについて主なデータ処理と操作方法などについて報告する。

3. 三宅系データ処理・解析システムのデータ処理方法

3.1 三宅系火山活動データ処理・解析システムの構成

図2に三宅系火山活動データ処理・解析システムの構成を示す。システムはテレメータからのデータを GPIB により受信し、データ前置処理部にてバッファリングを行い、LAN 経由でデータ処理装置へ送信する。

なお、データフローの基礎となるデータ前置処理装置、およびデータ処理装置は安定したデータ取得のために2重化を行っている。

3.2 データ前置処理部

テレメータより GPIB 経由でデータを1秒ごとに受信する。受信したデータは1秒ごとに圧縮を行う。地震データは win format (ト部, 1994) に変換し、低速データは本システム独自のフォーマットに変換する。これら

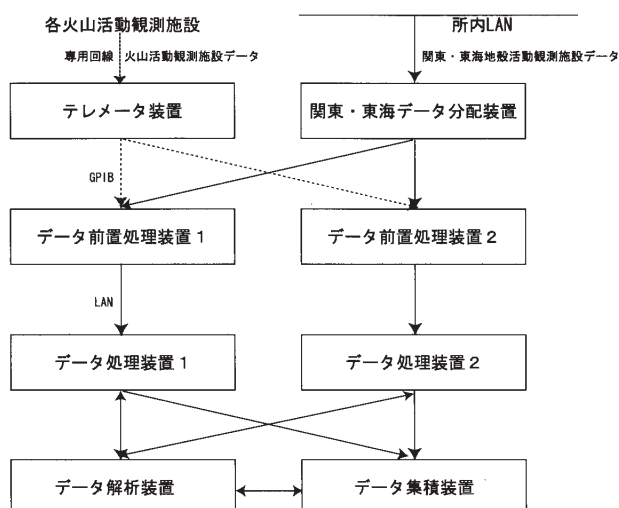


図2 三宅系火山活動データ処理・解析システムの概要

Fig. 2 Outline of data analysis system for Miyakejima volcano observation data.

のデータは LAN 経由でデータ処理装置へ送信される。また、地震データ、および低速データのリアルタイム連続表示を行う。

3.3 データ処理装置

オンライン・オフラインの地震データ処理、低速データ処理を行う。オンライン処理は、地震データについては地震判定、自動震源決定、および震源表示、低速データについては時系列の変動をグラフ化するとともに、データの生の値をモニターできるようになっている。これらの自動処理結果の表示やオフライン作業には、メインウィンドウ（図3）から GUI 形式で操作を行えるようになっている。

(1) 手動検測

手動検測ボタンをクリックすると、図4の画面が表示される。この画面において、検測を行うファイルを指定する。「区分」は自動・手動の二つの選択肢があり、それ

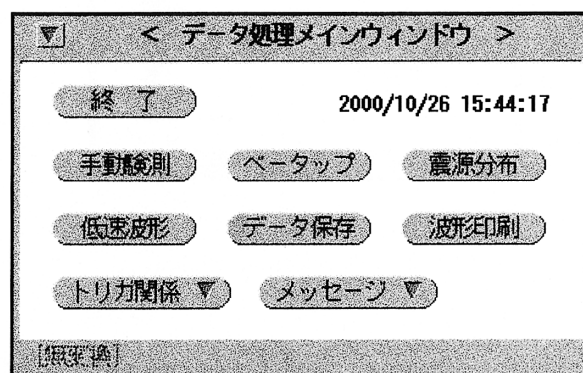


図3 データ処理装置メインウィンドウ

Fig. 3 Data processing machine main window.

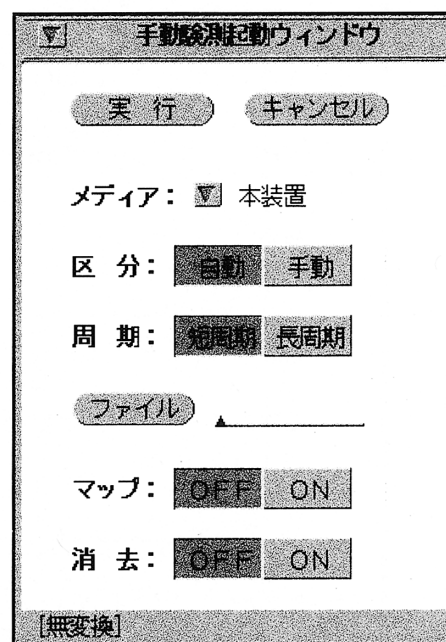
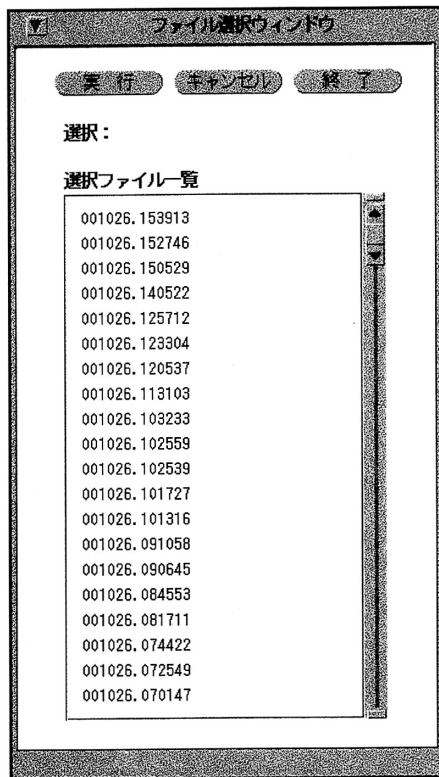


図4 手動検測起動ウィンドウ

Fig. 4 Manual picking start window.



ぞれ自動トリガー、手動トリガーを示している。また、「周期」は短周期・長周期の二つから選択する。短周期は各観測点に設置されている 1 Hz 速度計のデータおよび関東・東海地殻活動観測からのデータをマージしたイベントファイルを選択できる。また、長周期は三宅島火山活動観測施設 4 か所に設置されている長周期地震計の 20 Hz サンプリングデータを選択できる。この画面で「ファイル」ボタンをクリックすると、その時点での観測可能な波形ファイルのリストが表示される(図 5)。これから対象とするイベントを選択し、「実行」を押すと選択が確定し、手動観測起動ウィンドウ(図 4)の「実行」をクリックすることにより、win(卜部, 1994)が起動して、観測画面となる。また、手動観測で決められた震源分布は、手動観測起動ウィンドウ(図 4)でマップを「on」に設定し、「実行」をクリックすることにより、表示される。

(2) ベータアップ

本システムでは自動ベータアップ処理(中井, 1979)を行う機能を備えている。指定した開始時刻(時)および開始時刻(分)から、編集日数で指定した日数分のデータについてベータアップ処理を行うことが可能である。

(3) 震源分布

自動震源決定されたイベントについて、最新から一定個数の震源分布を自動更新にて表示する。

(4) 低速波形

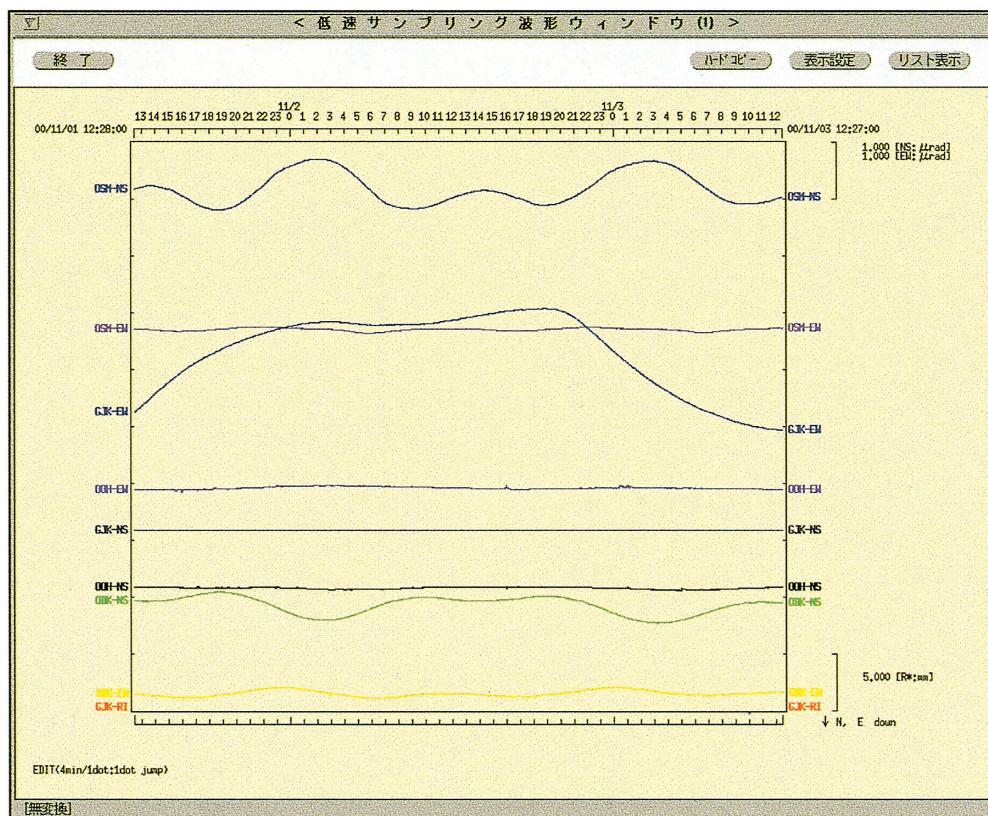


図 6 低速サンプリング波形ウィンドウの例

Fig. 6 An example of low sampling data monitoring window.

低速データのリアルタイム表示を行う。データ処理部で表示できるデータは分値・時値および日値データである。メインウィンドウ (図 3) の「低速波形」をクリックすると、低速サンプリング画面選択ウィンドウが表示され、処理部 1 つにつき 4 つの低速サンプリング波形ウィンドウ (低速 1, 低速 2, 低速 3, 低速 4) の表示が可能で、ひとつのウィンドウでは最大 10 ch の表示が可能である。図 6 に低速サンプリング波形ウィンドウのサンプルを示す。この画面で表示するデータの条件の設定には、「表示設定」をクリックし、低速波形表示設定ウィンドウを開く。「時間軸」は過去 1 日から最大過去 90 日で、プルダウンメニューから選択する。「スケール」で時間軸のメモリの設定を行い、表示区分にて分値、時値または日値を指定する。本システムにおける各データの定義は、分値：正分をはさむ前後 30 秒間の中央値、時値：毎正時の分値、日値：連続する 24 個の時値の平均値となっている。各チャンネルへのデータの割付は、ch 1 などの箇所をクリックすることによりチャンネル選択ウィンドウが開き、マウスにより選択する。また、チャンネル表示色の変更も可能である。「Y=」の箇所では、表示位置の設定を行う。また振幅レベルの調整は振幅選択ウィンドウで行う。低速データの表示は、通常いくつかの標準的なチャンネルおよび振幅設定の組み合わせで行うことが多く、これらをグループ登録することによって、操作がより簡便となる。このグループは低速波形表示設定ウィンドウのグループのプルダウンメニューから選択することになる。

(5) トリガ関係

トリガー発生時に指定したチャンネルの波形を自動表示する。短周期 (1 Hz 速度計) および長周期 (STS 2)

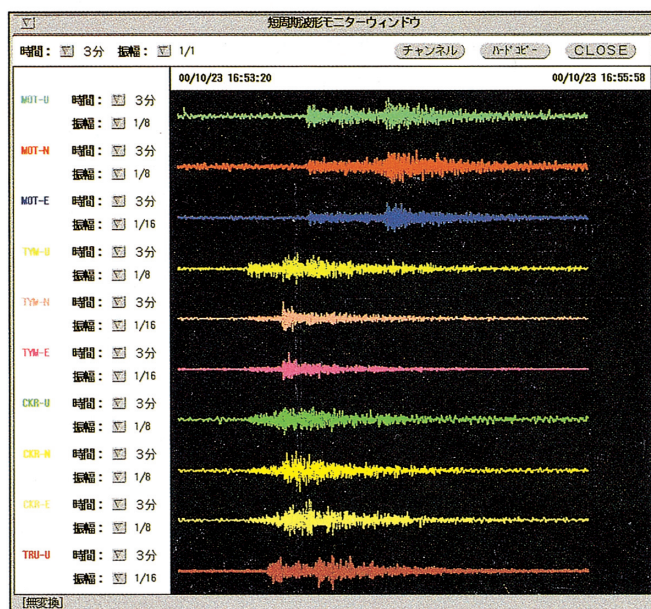


図 7 短周期波形モニターウィンドウ

Fig. 7 Short period waveform data monitoring window.

それぞれについてトリガーチャンネルを指定する。振幅は自動的に最適化される (図 7, 8)。

3.4 データ解析装置

データ処理装置でルーチン処理された各種データは、データ解析装置にて詳細な解析を行う。本装置でも処理装置同様のメインウィンドウが表示され、これから選択することにより、手動検測、ベータアップ処理、低速波形処理、手動トリガー等を行うことができる。

(1) 手動検測

データ処理装置と同様の機能である。検測対象の波形

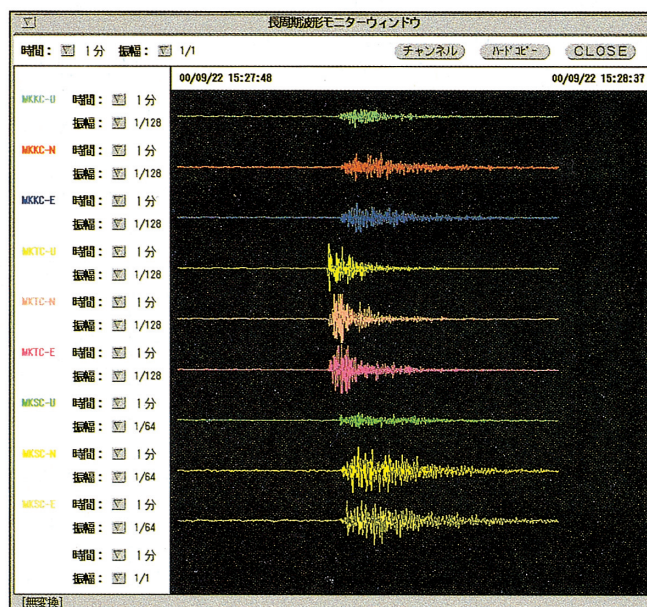


図 8 長周期波形モニターウィンドウ

Fig. 8 Long period waveform data monitoring window.

開始時刻	終了時刻	ホスト	チャンネル
98/10/01 00:00	99/12/31 23:00	解析部	MKA-NS

図 9 手動BAYTAP 設定ウィンドウ

Fig. 9 Manual BAYTAP setting window.

ファイルはデータ処理装置 1, 2, 解析装置に付加されている MO およびデータ集積装置に保存されているものである。

(2) ベータップ

手動でベータップを行うための設定を行い、実行する。メインウインドウの「ベータップ」のボタンをクリックすると、手動 BAYTAP 設定ウインドウが表示される (図 9)。ベータップ処理を行う対象となる開始時刻、終了時刻を指定し、プルダウンメニューから対象となるホストを選択する。また、チャンネルボタンをクリックすることにより対象チャンネルの指定を行う。一連の設定の後、「登録」ボタンにより登録した後、「実行」ボタンをクリックすることで処理が行われる。

(3) 低速補正

低速データのうち、特に傾斜データなどは地震によるとびや停電、降雨による影響等が出やすく、これらを原因とする異常データの補正作業が必要となる。本システムでは、手動にてこれらの補正を行うことが可能である。

メインウインドウの「低速補正」ボタンをクリックすると低速補正パラメータ設定ウインドウ (図 10) が立ち上がる。対象とするデータのホスト名、開始、終了時刻およびチャンネルを指定して実行すると、低速補正メニュー (図 11) および低速補正波形表示ウインドウ (図 12) の二つのウインドウが表示される。前者は、後者の表示の設定等を行うウインドウである。低速補正表示ウインドウには、上下二つのトレースが表示されており、上が補正前のデータ (黒)、下が補正後の表示である。最初にこの画面が開いた状態では、上下ともに同じトレースが表示されている。上のトレースより、補正を行いたい部分を切り出すには、マウスの中央のボタンを押しながらドラッグする。すると、低速補正波形表示ズームウインドウが立ち上がり (図 13)、同時に補正履歴ウインドウ (図 14) が開く。補正区分では補正方法の選択が可能で、欠測、2 点間、オフセット、直接値、3 次式の補正を行うことが可能である。設定が終われば、登録し、実行を行うことで補正処理が行われる。過去に対象とするチャンネルに対して行った補正操作は履歴として残され

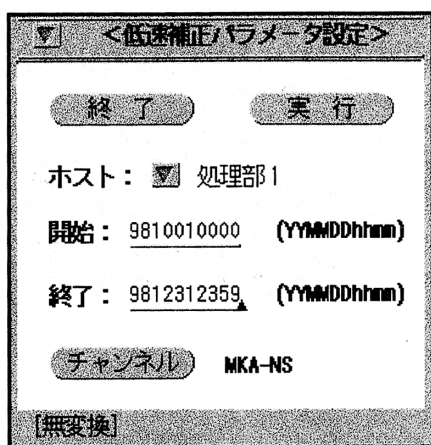


図 10 低速補正パラメータ設定ウインドウ

Fig. 10 Low sampling data correction setting window.

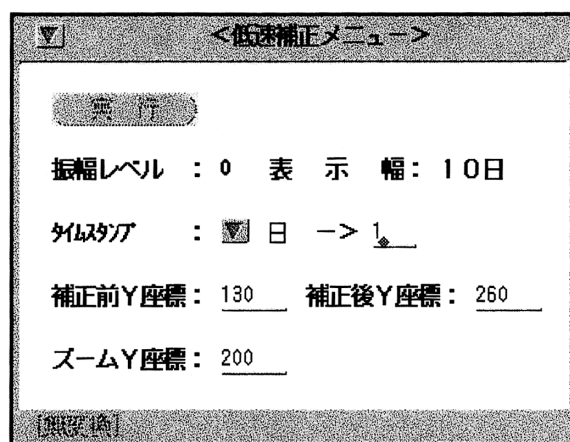


図 11 低速補正メニュー

Fig. 11 Low sampling data correction menu.

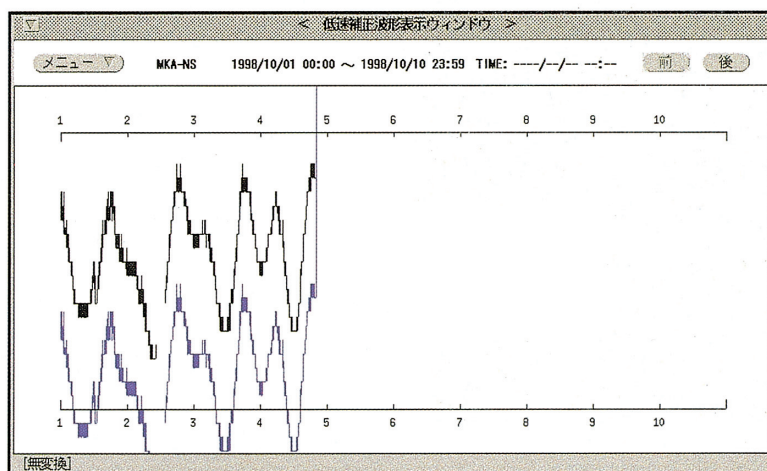


図 12 低速補正波形表示ウインドウ

Fig. 12 Low sampling data correction waveform window.

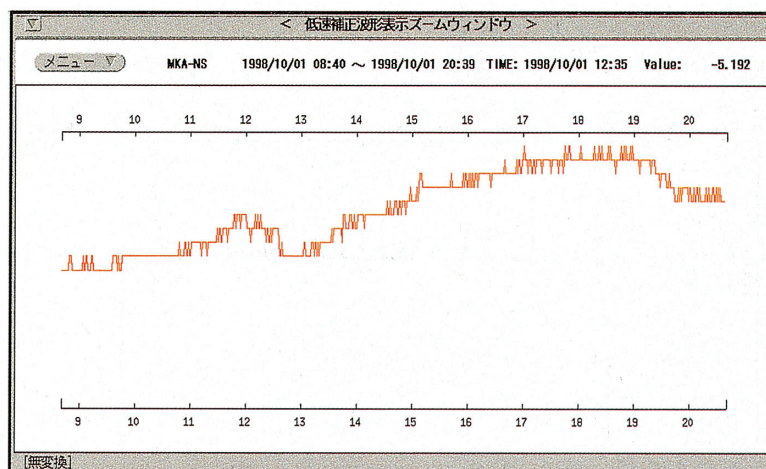


図13 低速補正波形表示ズームウィンドウ

Fig. 13 Low sampling data correction waveform zoom window.

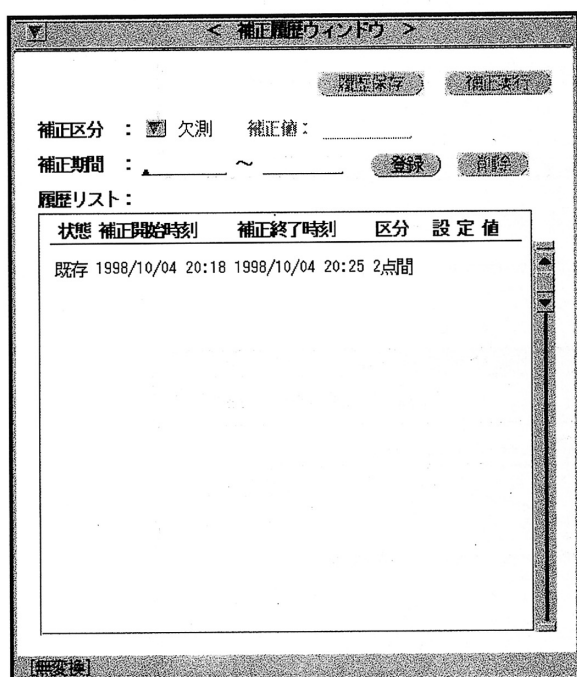


図 14 補正履歴ウィンドウ

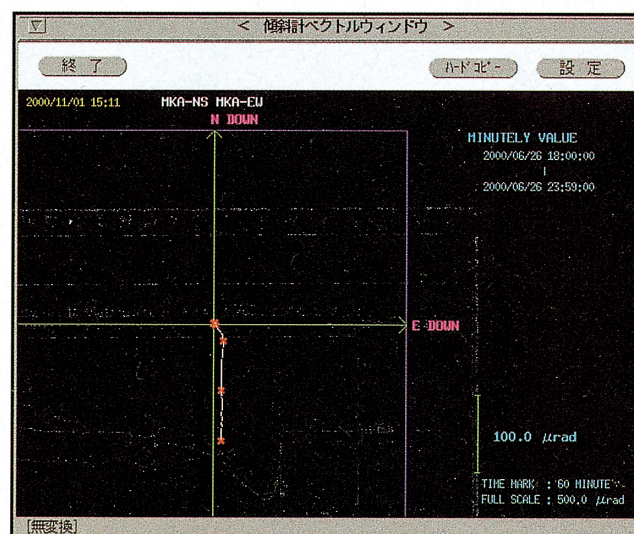


図 17 傾斜ベクトルウィンドウ

Fig. 17 Tilt vector window.

る。

(4) バックアップ

各種データや処理結果はそれぞれ自動で保存されるが (3.7 参照)、手動で MO に保存する場合に利用する。

(5) 手動トリガ

短周期地震計および長周期地震計のデータについて時刻をして指定して手動でトリガーをかける機能である。短周期については最大 180 秒、長周期については最大 7,200 秒のトリガーファイルを作成することが可能である。

(6) データ表示

トリガー波形：データ処理装置で自動更新されるトリ

ガー波形の画像を過去一定期間さかのぼって検索し、表示する機能である。

生データ：傾斜計などの低速データは、通常は分値、時値または日値データを用いることが多いが、もとのデータは 1 Hz サンプルングされているため、これらを秒値として、表示することも可能である。過去約 60 日分の指定する時刻、チャンネルに対し、最大 2 時間分表示することが可能である (図 15)。

オフライン：低速データの分値、時値、日値の表示を行う。指定は低速波形表示選択ウィンドウで行う。時間幅は分値で最大 30 日、時値 5 年、日値で 10 年が選択可能である。低速サンプリング波形ウィンドウのサンプル

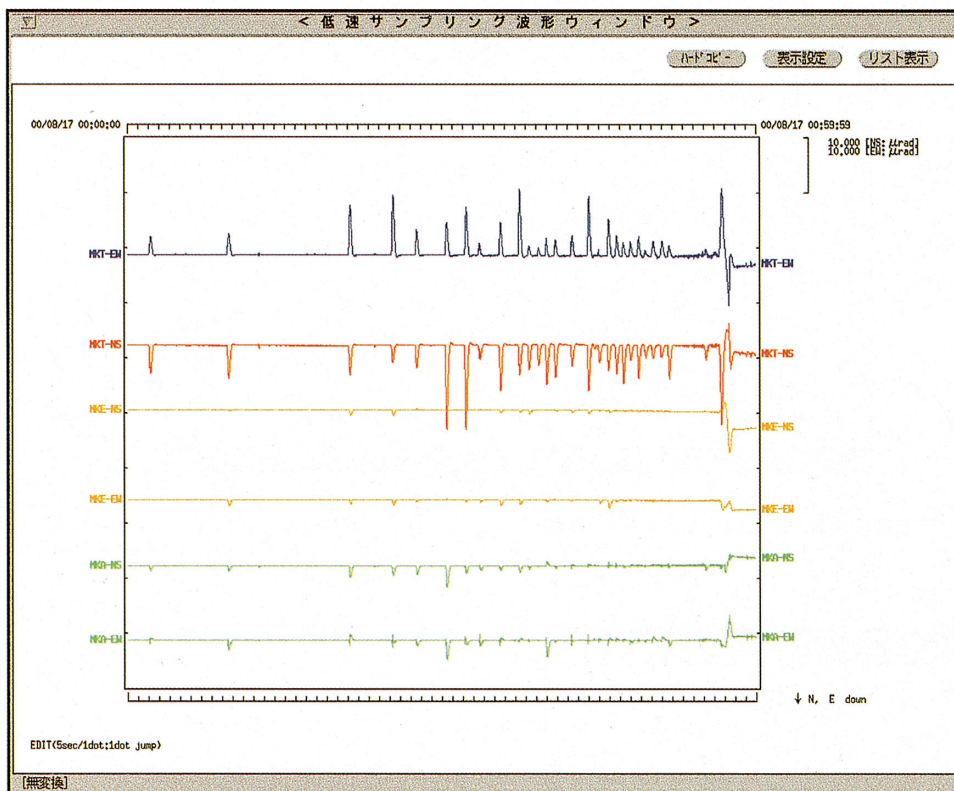


図 15 低速サンプリング波形ウィンドウ（生波形）

Fig. 15 Low sampling data waveform window (law data).

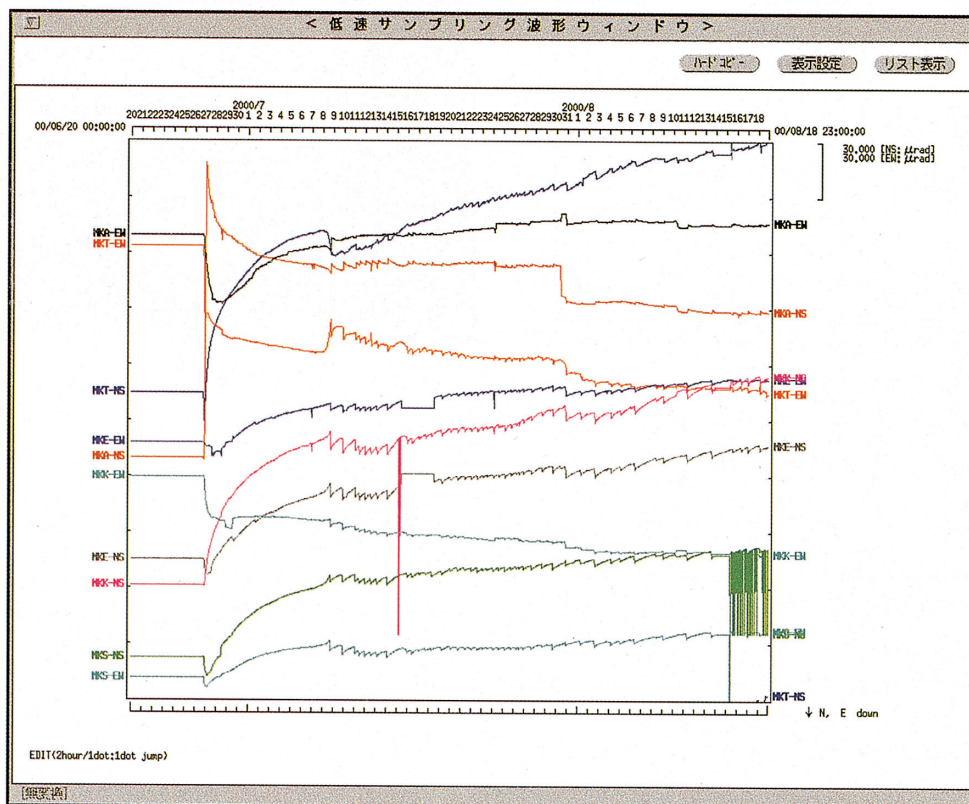


図 16 低速サンプリング波形ウィンドウ (分値)

Fig. 16 Low sampling data waveform window (minutely data).

表 2 三宅島火山活動観測データの保存方法

Table 2 Data storage procedures for Miyakejima volcanic observation.

データ種別	データ処理装置 1	データ処理装置 2	データ解析装置	データ集積装置
地震連続データ	HD: 2 日間分	HD: 2 日間分	—	HD: 約 20 日 その後 8mm テープに保存
地震トリガーデータ	CDROM 焼付	CD-ROM 焼付	MO (手動保存)	HD: 随時更新
地震検測結果	HD: 全データ CDROM 焼付	HD: 全データ CDROM 焼付	HD と MO	HD: 随時更新
低速連続データ (秒値)	HD: 3 日間分	HD: 3 日間分	—	HD: 約 80 日
低速処理データ (分値・時値・ 日値)	HD: 全データ	HD: 全データ	—	HD: 全データ

を図 16 に示す。

傾斜ベクトル：各観測点において傾斜変動をベクトル図として表示することにより、2次元平面上での動きを把握することが容易になる。傾斜ベクトル表示ウインドウ（図 17）では、設定画面により指定した低速データのベクトル表示が可能である。フルスケールおよびタイムマークの設定も可能である。

3.5 データ集積装置

データ集積装置の主な処理は、データ処理装置からの連続データのハードディスクへの保存と 8 mm テープへの連続保存、およびトリガーデータ、検測結果の一時保管である。連続データは地震データ、低速データともにデータベースソフトを利用して、8 mm テープへ毎日インクリメンタルバックアップを行うとともに、毎月 1 日にはフルバックアップを実施している。また、本装置に収録されているデータの検索も容易に可能である。

3.6 関東・東海データ分配装置

火山観測施設は、伊豆大島や三宅島といった火山体ごく近傍に位置しており、火山活動の把握には、これに加えて周辺の観測データを併合して解析することにより、より精度のよい活動の把握が可能となる。本装置では関東・東海地殻活動の周辺観測点の地震・傾斜等のデータを受信し、当システムへ併合する機能を持っている。

3.7 データの保存

以上、各装置では火山活動観測データの処理を行っているが、データの連続性および安定した取得のため、データの保存も複数の方法で行っている（表 2）。

3.8 各種支援プログラム

取得された火山活動観測データのより高度な解析のためのフロントエンドとして、データをより使いやすくするための支援プログラムが整備されている。その代表的なものを以下に示す。

merge：本システムにおいて、地震連続データは win

format で 1 分ごとのファイルとして保存されている。本ソフトでは任意の開始時刻から終了時刻までのファイルマージを行う。

LpSpotDump：低速データは本システム固有のバイナリーフォーマットで保存されているが、これをテキストファイルに変換するプログラム。任意のチャンネル、時間について分値、時値、日値の切り出しが可能である。

Raw 60 Dump：上記と同様に、低速データの秒値の切り出しを行う。

4. 2000 年三宅島噴火活動での稼働実績と課題

2000 年 6 月 26 日に始まった 2000 年三宅島噴火にともなう周辺の火山活動は、本システムの地震活動や傾斜変動のリアルタイム処理により、その推移が明瞭に把握できた。しかし、今回の火山活動は想定されていたよりも大規模なもので、特に地震活動については本システムの処理にあたって問題点が浮き彫りとなった。今回の活動では 1 時間あたり数十個～百個程度の群発地震が発生し、これらの自動判定および震源決定において処理速度が追いつかなかった。最盛時には、1,000 個ほどの自動処理待ちが発生し、約 3 日遅れで自動処理が行われた。また、群発地震における各相の自動検測の精度が悪く、複数の地震の P 相と S 相の混同などが発生し、自動震源の精度には問題点があったが、およそ M 3 以上の地震についてはおおよその精度が得られていた。今後のシステムではこれらの群発地震に対応する機能、たとえばマスターイベント法の自動処理への導入するなどの開発が必要となると思われる。

また、本システムでは地震波トリガーデータの保存にあたって CD-R への保存方法をとっていた。1 枚あたり 1,000 個程度の地震を収録可能であるが、今回の保存方法ではこれの交換頻度が高くなり、深夜の作業も必要となった。通常時は 1 枚約 1 か月程度であるが、今回の活

動では 1 枚約半日程度にもなり、今後システムを開発していく上で平常時と活発時のデータ量の想定に一考が必要である。

一方、本システムでは初めて、全ての連続データについてデジタルで保存を行った。これを迅速に再生し、解析することで火山活動の時間変化を連続して把握することが可能であった。

これらの経験を踏まえ、三宅系データ処理・解析システムは平成 13 年度内に実施する第 2 世代の導入において、データ処理機能・速度、表示機能の充実に加えて、各種データのデータベース化を図り、火山活動の迅速な把握さらには推移予測により有効なシステムを構築する。また、別途計画で進行中の火山活動可視情報化システムへリアルタイムデータを提供し、火山防災に役立つ迅速な情報提供を行う予定である。

謝辞

本システムの作成は、明星電気株式会社によるものである。また、運用にあたっては地震予知総合研究振興会の菊池昌江氏の協力をいただいている。関東・東海地殻活動観測施設のデータとの併合処理にあたっては、防災研究データセンター 小原一成主任研究官より技術指導

を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 中井新二(1979) 実用的な起潮力計算プログラム、緯度観測所彙報, 18, 124-135.
- 2) 岡田義光・鶴川元雄・藤田英輔・山本英二(2000) 伊豆半島・伊豆諸島地域の地震活動と火山性地殻変動, 月刊地球, 22, 782-791.
- 3) Ukawa, M., Fujita, E., Yamamoto, E. Okada, Y., and Kikuchi, M. (2000): The 2000 Miyakejima eruption: Crustal deformation and earthquakes observed by the NIED Miyakejima observation network, Earth and Planets and Space, 52, xix-xxvi.
- 4) ト部卓(1994) 多チャンネル地震波形データのための共通フォーマットの提案, 日本地震学会講演予稿集, No. 2, 384.
- 5) 山本英二・熊谷貞二・島田誠一・福山英一(1988) 伊豆大島の火山活動(1986-1987)に伴う傾斜変動 ―御神火及び波浮における地殻傾斜変動連続観測結果―, 火山, 33, S170-S178.

(原稿受理: 2000 年 11 月 22 日)

要 旨

防災科学技術研究所(防災科研)における火山活動観測データの処理の概要について報告する。防災科研の火山活動観測施設は富士山・伊豆大島・三宅島などで展開しており、火山活動を総合的に捉える目的で、地震計と傾斜計を主体とした多項目の観測を行っている。これらのデータはつくばの防災科研ヘレメータされており、火山活動のリアルタイムモニターが可能である。本システムの運用により 2000 年三宅島火山の噴火の推移が的確に把握され、その有効性が明らかになった。

キーワード: 火山観測, データ解析システム, 三宅島火山