

火山監視・情報センターシステム (VOIS) の紹介

碓井 勇二*

Introduction of Volcanic Observations and Information Center System (VOIS)

Yuji USUI

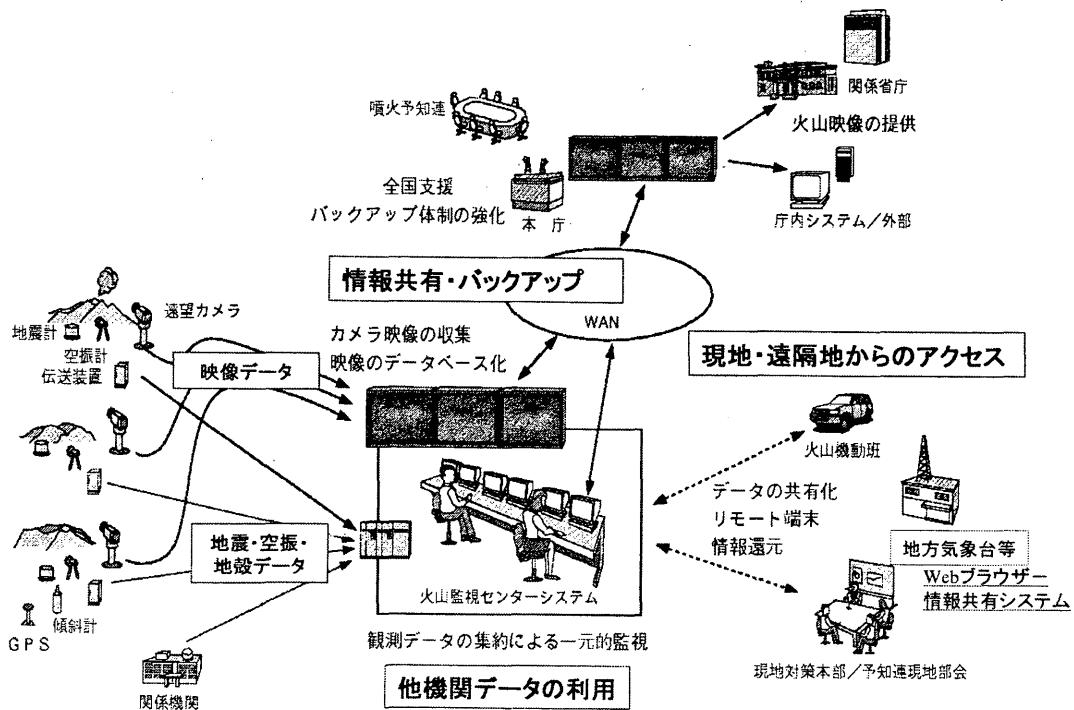
1. はじめに

気象庁の火山業務は、これまで各火山の最寄りの気象官署が担当として、火山観測および火山情報発表業務を行っていた。しかし、異常な火山活動の早期検知、火山情報の迅速な発表及び火山活動状況のよりわかり易い解説を行うため、「火山監視・情報センター」を気象庁本庁および札幌・仙台・福岡管区気象台の4ヶ所に整備し、2002年3月から業務を開始した。各火山センターでは、地震動・地殻変動・映像等の各種データを収集し、専門技術を有する職員がこれらのデータを24時間監視し、迅速に火山活動の変化を判断す

る。この業務を支えるため、火山監視・情報センターシステム (Volcanic Observations and Information Center System, 以下、VOIS) を整備したので紹介する (第1図)。

2. VOIS の重要機能

VOIS の整備にあたっては、「他機関データの利用」「遠隔地によるモニタ」「センター間のネットワーク」を柱に、以下の項目を重要機能としてシステムを設計した。



第1図 VOIS の全体構成

*気象庁地震火山部火山課 (現: 文部科学省)

2. 1 多種目データの観測・監視

これまでの火山業務では、震動観測や遠望観測を主な観測・監視項目としていた。近年の観測技術の向上により、2000年以降、空振計・GPSが観測項目に加わったため、VOISは多種目のデータ監視に対応するシステムとなった。

2. 2 テレメータ系の機能強化

センターで監視を行うためには、全てのデータをセンターに集約することが必要である。特に地震計のデータはwinフォーマットに対応することにより、汎用の通信手順(TCP/IP)が利用となり、他機関とのデータ交換を容易にした。

2. 3 処理系の高機能化

地震計のデータは、リアルタイム処理(アラーム処理)とデータ収録機能を分離することで、他機関地震データを解析に利用できるようにした。また、データサーバ(自動サーバ)に加えアプリケーションサーバ(会話サーバ)を導入し、PCを会話端末にすることで、端末の増設を容易にした。

2. 4 映像データの収録・解析

収録機能の充実および再生機能との分離により、

過去の現象を容易に確認できるようにした。この機能により震動データと映像データを対比してみることが可能となった。さらに、映像データを利用した定量的な解析も行うことが可能となった。

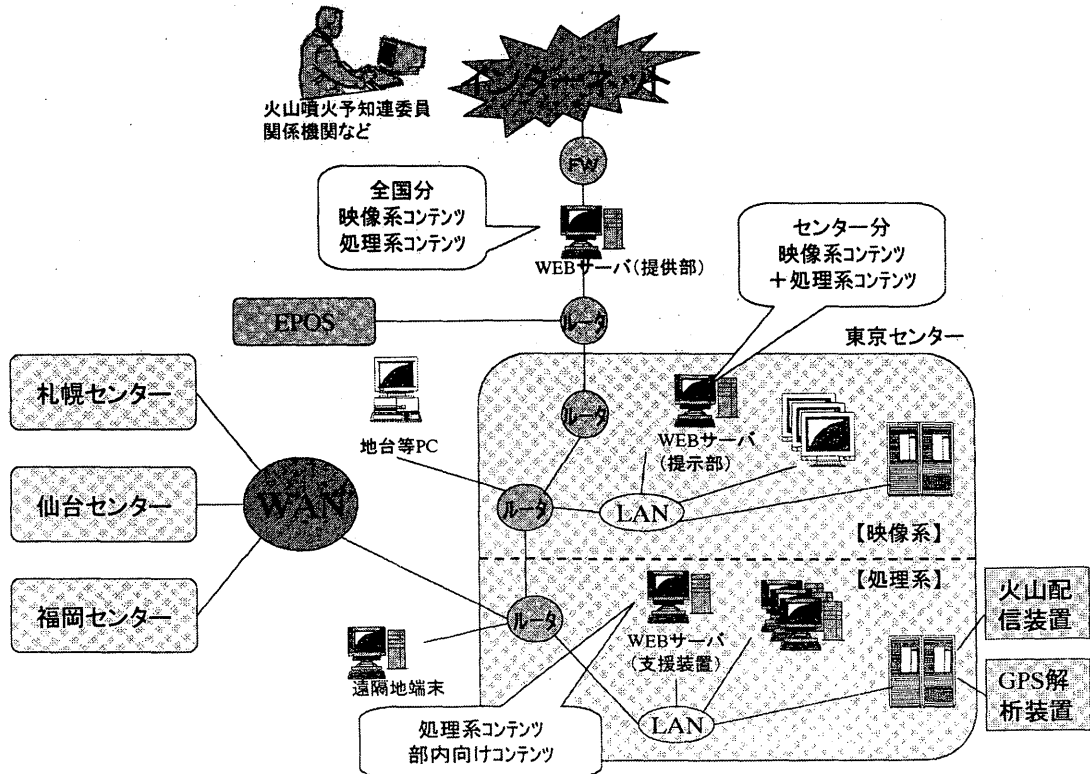
2. 5 全国ネットワーク

全国センター間をネットワーク接続することで、各種データの共有が可能となった。さらに、各センターからインターネットによる情報発信を可能とした。

3. システムの全体構成

VOISは、地震計・傾斜計データの伝送を行うテレメータ系、地震・空振・傾斜データの解析を行う処理系、映像データの伝送・解析を行う映像系、GPSデータの回収・解析を行うGPS系から構成される。テレメータ系・処理系・GPS系のシステムは、2重化構成である。

また、ネットワークにより各センターを接続し、センター間のデータ流通を容易にした。さらにインターネットによる、情報発信機能を持たせた。ネットワーク構成図を第2図に示す。



第2図 VOIS ネットワーク構成図

4. テレメータ系

テレメータ系は、集合受領装置、フォーマッタ、火山配信装置、コンソール装置、アナログ入力装置、アナログ出力装置から構成される。集合受領装置、フォーマッタ、火山配信装置は、2重化されている(第3図)。

最近の地震データの伝送は、win フォーマットによる TCP/IP 等の汎用通信手順を用いることが主流となっている。火山配信装置はこの機能を有しており、Hi-net 配信装置とのデータ交換により、津波検知網・Hi-net・大学等のデータを容易に利用できるようになった。また、簡易設置型火山観測装置等の汎用通信手順を用いたテレメータ装置から、直接データ受信が可能となった。複数観測点を有する火山のデータを集約している軽井沢測候所・雲仙岳測候所・阿蘇山測候所・鹿児島地方気象台では、火山データ転送装置を整備し、現地官署でデータのバケット化(win フォーマット)を行い、UDP でデータ伝送を行っている。

集合受領装置、フォーマッタは、基板によるデータ受信(従来のデータ伝送)へ対応するために整備した。

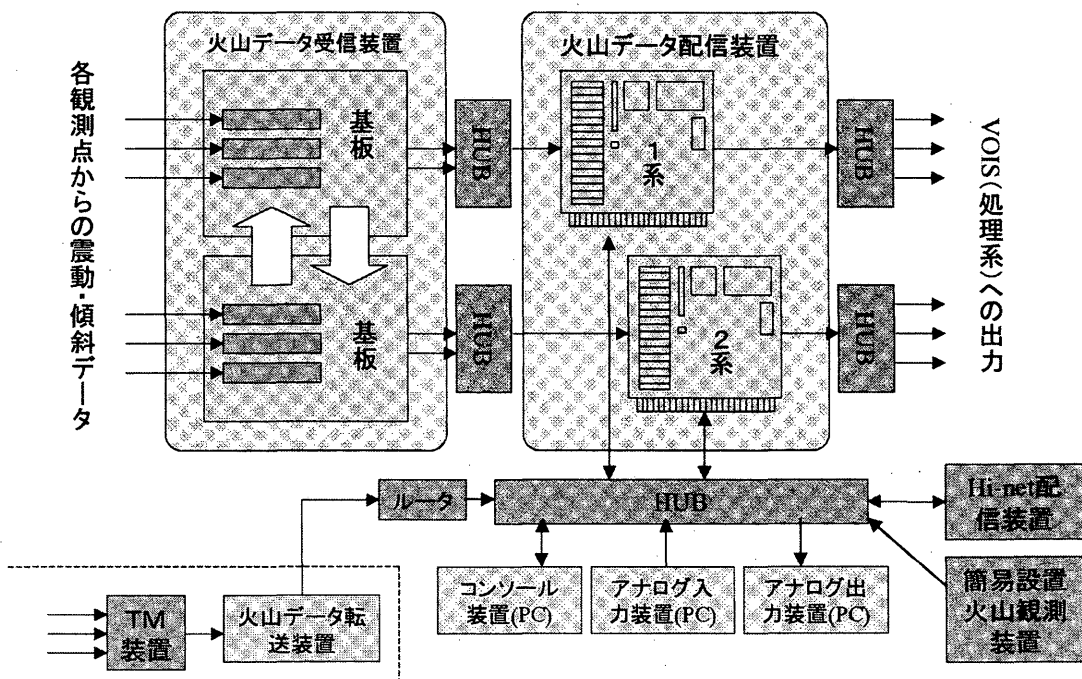
5. 処理系

5.1 ハードウェア構成

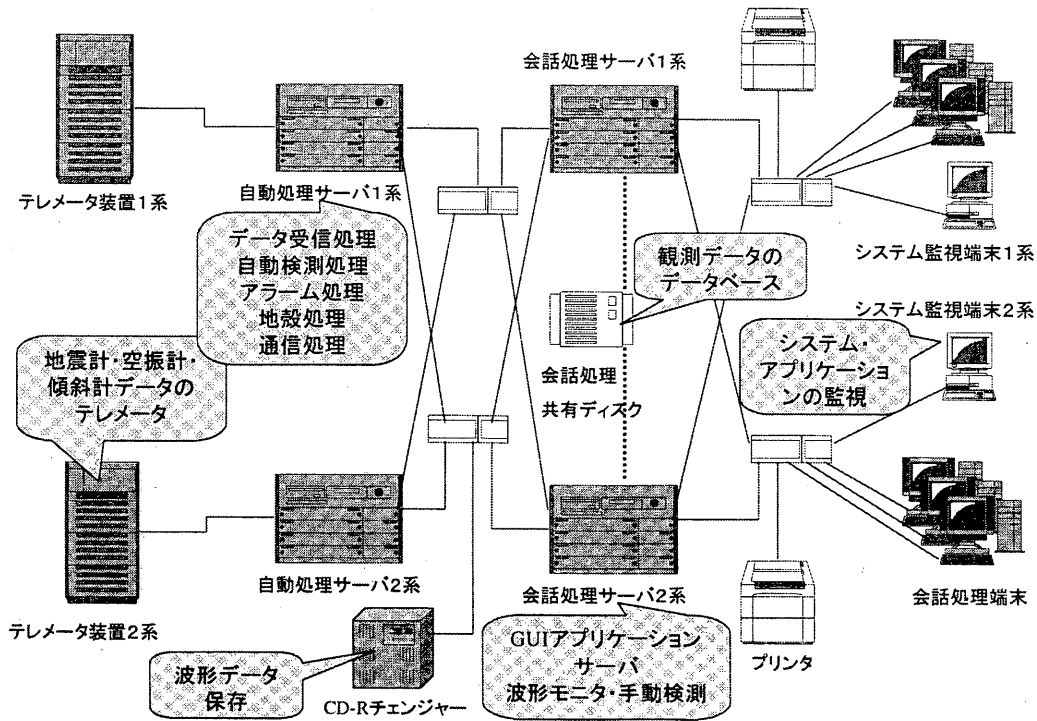
処理系は自動サーバ(1系・2系)、会話サーバ(1系・2系)、会話端末 PC(7台)、システム監視端末(1系・2系)、CD-R 制御 WS、CD-R チェンジャ、WEB 支援端末およびネットワーク機器で構成される(第4図)。各サーバの OS は、HP-UX 11i を使用している。

自動サーバは、テレメータ装置から3秒遅延地震データ・WIN フォーマット地震データ・傾斜データを受信し、自動処理・収録処理・地殻処理を行っている。基本的に1・2系とも同じ設定で動作することで、危険分散のための2重化をおこなった。

会話サーバは、会話業務アプリケーションを起動する。サーバで起動されたアプリケーションは、PC 端末に画面を表示する。2台の会話サーバは、共有ディスクを有し、データベース(以下、DB)を共有している。DB には、HITACHI の Hi-RDB を使用している。DB では、検測結果および、システムパラメータを管理している。



第3図 テレメータ系構成図



第4図 処理系ハードウェア構成図

会話端末は、X サーバエミュレータを起動させ、サーバの画面を表示する機能を有する。ネットワークに接続されている PC は、どれでも会話端末とすることが出来る。また、各サーバは smb による PC とのディスク共有を行っており、各会話端末からサーバのファイルにアクセスすることが出来る。

WEB 支援端末では、解析結果等のユーザが作成したコンテンツを、10分に1回のタイミングで映像系のWEBサーバにミラーリングする。

CD-R チェンジャーは100連装で、CD-R 制御 WS により制御している。

各センター内のネットワークは、2重化されており、L3スイッチにより自動で障害を検知し、ネットワークの切り替えを行う。

各センター間および鹿児島地方気象台は、1.5MBのFR回線で接続されている。また、軽井沢測候所・大島測候所・雲仙岳測候所・阿蘇山測候所とは、128MBのFR回線で接続されている。

5.2 業務アプリケーション

業務アプリケーションの概念図を第5図に示す。

5.2.1 自動処理系

自動処理系は、テレメータ装置からデータを受信し、イベント判定・アラーム処理を以下の手順で行う。イベント判定結果が、1系・2系で異なる場合を想定し、自動処理系はマスター/スレーブ機能を有する。

【データ受信】

テレメータ装置から、100Hz、32bit 長 512ch のデータを受信し、1分間の波形データをメモリ上にバッファリングする。波形データ・SV 情報を監視し、長時間欠測・長時間無変動のデータ異常を監視する。

【計算処理】

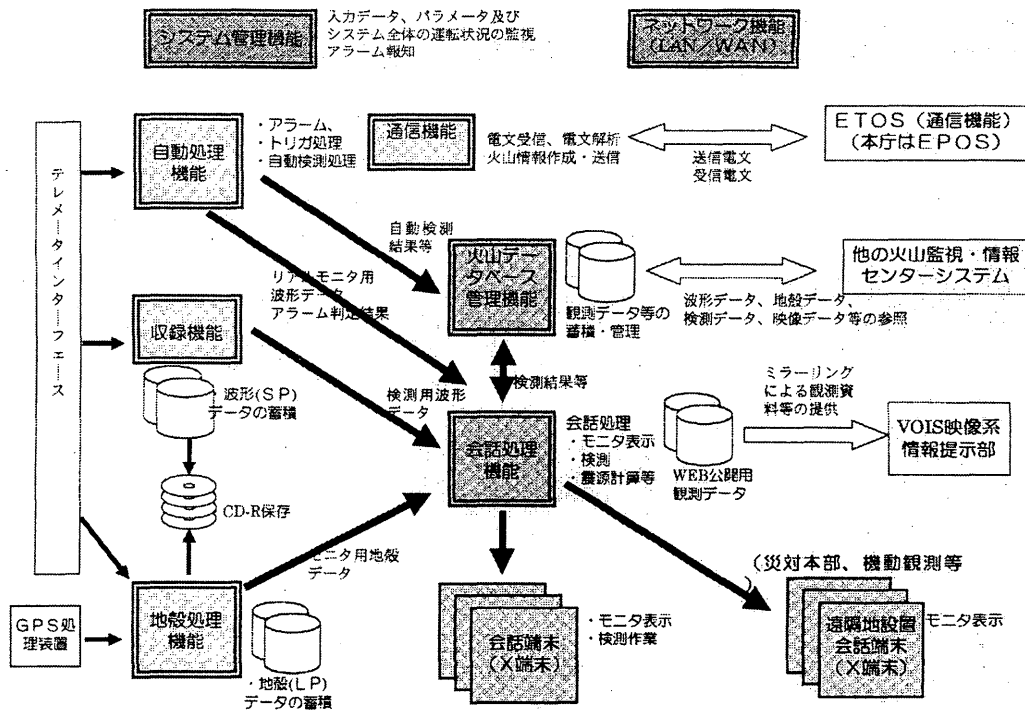
フィルタ (HPF・LPF・BPF)、微分、積分を行って、論理チャンネルデータを作成する。論理チャンネルデータから、STA・LTA・最大振幅秒値等の秒値を算出する。

【イベント判定】

指定されたチャンネルについて、レベルトリガまたはレシオトリガによる地震判定・微動判定を行う。判定は火山ネット毎にトリガ ON 係数の加算を行い、設定値を超えると地震・微動と判定している。

【自動検出】

地震イベントに対して、P 相・S 相、最大振幅を検測する。相の検測は AR 法、最大振幅の検測はレベル



第 5 図 処理系業務アプリケーション概念図

クロス法を用いている。また、最大振幅、周期、参照チャンネルとの振幅比等からイベントタイプを判定する。これらの結果をイベント情報としてDBに保存する。

【アラーム判定】

イベント検知のアラームは、以下の3種類を用意した。

- ・イベント回数アラーム

イベントの発生頻度が設定値を超えた場合にアラーム報知を行う。

- ・レベルアラーム

振幅値 (STA) が基準を超えた状態で、一定時間継続した場合に報知を行う。

- ・微動アラーム

長時間平均振幅が設定値を超えた場合に報知を行う。

【ファイル作成】

1分ごとにメモリ上の波形データを WIN フォーマットでディスクに保存する。また、イベントと判断したデータについては、イベント波形を作成する。

5. 2. 2 収録処理系

波形検測・解析に使用する地震データを、ディスクに保存する。収録系では波形データの収録のみ行い、計算処理・イベント判定は行わない。

【データ受信】

テレメータ装置から WIN フォーマットの波形データを受信する。5分間の波形データをメモリ上にバッファリングする。メモリ上にバッファリングできない遅延データを受信した場合はディスクに別途保存する。

【ファイル作成】

1分ごとにメモリ上の WIN 波形データをデータ時刻順にディスク上に保存する。波形データの抜けおよび変動量を監視し、長時間欠測・長時間無変動のデータ異常を監視する。

【ファイルマージ】

遅延データとして直接ディスクに保存されたデータを、通常データのファイルにマージする。

【データ保存】

データ保存のメディアは、CD-R を用いる。連続波形は設定ファイルにあるチャンネルを保存する。イベント波形は、イベント登録された時間について、ネット内の全チャンネルを保存する。

5. 2. 3 地殻処理系

テレメータ装置からデータを受信し、データ作成・アラーム判定を以下の手順で行う。

【データ受信】

テレメータ装置からの 1Hz・16bit・2000ch データを受信する (原データ)。SV 情報を編集し原データ SV を作成し、原データと共に保存する。

テレメータからの他、メールによるデータを受信することも可能である。

【データ作成】

原データから分値データを、分値から時間値データを、リサンプリング・平均処理などにより作成する。分値から潮汐等の影響を取り除いた補正分値も作成する。

【アラーム判定】

補正分値の変化量を監視し、データ異常時に音声報知する。また、原データおよび原データ SV から、長時間欠測と長時間無変動を監視し、異常時にアラーム報知する。

【GPS データ受信】

GPS 解析装置により解析された、基線長データ・座標データを FTP により受信する。

【データ保存】

原データ (秒値) については、自動で CD-R に保存する。それ以外のデータについては、データ容量が少ないので、手動で CD-R 保存作業を行う。

5. 2. 4 通信系

東京センター以外の VOIS では、電文送信は、VOIS で送信用ファイルを作成し、それを ETOS に転送後、リモートで送信コマンドを起動する。電文受信は、ETOS の受信電文から指定したヘッダーの電文を検索し、対象の電文を VOIS に取り込む。電文受信処理は定期的に起動するため、ETOS の電文受信と VOIS への取り込みに若干の時間差がある。

東京センターの VOIS については、2003 年 10 月に EPOS が更新され、VOIS が EPOS 通信サーバと接続された。これにより、電文の送受信は VOIS の送信コマンドで行うように改修された。

5. 2. 5 会話処理系

火山の会話処理系は次あげる業務アプリケーションを用意している。

SP モニタ：100Hz 波形モニタ

LP モニタ：秒値モニタ

検測モニタ：手動による波形切りだし

手動検測：検測

震源表示：震源の表示

検測リスト：切り出したイベントの切りだし

グラフ表示：データベースに登録された検測結果をグラフに表示

地殻時系列表示：傾斜・GPS 等の時系列データ表示

連続波形出力：波形の紙出力

5. 2. 6 システム管理系

マシンの障害・ネットワークの障害・起動プロセスの状況を監視する。各サーバの業務アプリケーションの組み込み・切り離し等の制御も行う。また、自動処理系で判定された火山の現象に関するアラームも鳴動する。

報知はシステム管理サーバで鳴動することが出来るほか、ネットワークで接続した PC 端末でも鳴動することが出来る。

5. 2. 7 自己開発プログラム

VOIS ではルーチンに使用する業務アプリケーションを用意したが、詳細な解析等は職員による自己開発プログラムを利用している。ここでは主な職員開発プログラムについて紹介する。

・震源表示ソフト (hypdsp)

一元化処理で利用されている震源表示ソフトを、VOIS に移植した。

・検測値検索ソフト (kenlist.rb)

コマンドラインで検測結果を出力する。出力フォーマットは複数用意されている。

・波形解析ソフト (volwave.exe)

PC 用の波形解析ソフトで、スペクトル・パーティクルモーシオン・ランニングスペクトル等の解析が可能である。

・連続波形印刷ソフト (waveplt.exe)

PC 上でオフライン的に連続波形出力が可能である。

・波形検測ソフト (wwave.exe)

PC 用の検測ソフトで、win フォーマットの他、過去の火山システムで使用した波形フォーマットにも対応している。

6. 映像系

映像系は、従来から行われている遠望カメラを用いた映像の監視業務に加えて、映像データの保存、解析、提供機能を充実させることを目的として構築した。映像系は、次に示す機能から構成されている（第6図）。

- ・映像データの分配と制御を行う“制御部”
 - ・映像データをプラズマディスプレイに表示する“表示部”
 - ・映像データの保存を行う“収録編集部”
 - ・ライブ映像配信を行う“配信部”
 - ・気象官署や火山噴火予知連委員への情報提供を行う“情報提示部”“情報提供部”
- 以下に各機能を紹介する。

6. 1 制御部

映像データ（動画）は、各火山に設置した監視カメラ（超高感度カメラ）のアナログ映像データ（NTSC）を、コーデックによりデジタル化および圧縮（MPEG4相当）し、64kbpsのデジタル専用線にて各火山センターに伝送する。[デジタル回線を開設できない地域に監視カメラを設置している場合は、アナログ回線により、静止画を伝送している。]各センターでは、コーデックで映像を受信後、NTSC映像分配装置に入力し、表示部や収録編集部などに分岐する。

本庁の火山センターでは20チャンネル、その他の火山センターでは15チャンネルの映像データの入力に対応している。

6. 2 表示部

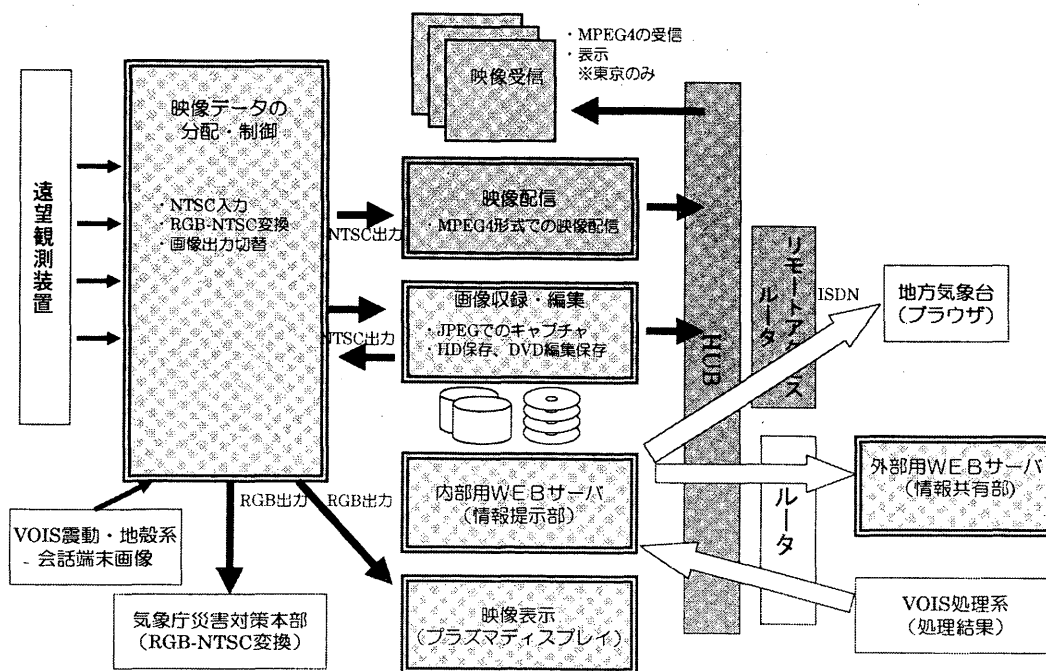
現業室の監視には、61インチプラズマディスプレイを2台設置している。画面を任意に4～16分割して、複数の火山映像を同時表示し、現業者が監視できるようにしている。

6. 3 収録編集部

映像データは、約2秒で1枚の割合で静止画像（JPEG型式：約30kB）にキャプチャーし、10日分の画像を大容量ハードディスクに収録する。ハードディスクに収録された映像は、定期的にDVD-RAMに保存している。

データ収録は、ハードディスクプレーヤにも連続収録している。これは約24時間分のデータを動画で収録している。

映像データに顕著な現象が観測されたときには、以下に述べる情報提供用装置に登録することにより、WEBによる閲覧が可能となる。



第6図 映像系構成図

6. 4 配信部

各センターには、映像データを MPEG4 のストリームで配信する機能がある。これにより VOIS のネットワークを利用し、全国の火山映像を各センターで映すことが可能となった。本庁へ配信された映像は、本庁会議室、さらには内閣府へ配信することも可能である。

6. 5 情報提供

センターで処理した解析結果や映像データは、WEB による情報提供を行う。気象官署は INS を利用したイントラネット、火山噴火予知連委員会にはパスワードで制限をかけたインターネットを利用した WEB の閲覧を可能としている。

6. 6 映像を利用した解析

映像データをデジタルの静止画で保存することにより、噴煙を定量的に解析することが容易となった。特に噴煙の移動を時系列で追い放熱率を求める手法は、定量的な噴煙の解析として有効であり、平成15年度に、この解析専用のプログラムを各センターに配布した。

7. GPS 解析装置

気象庁では、2000 年から GPS による地殻変動観測を開始した。常時観測対象の火山には、センサーを3点（2周波1点、1周波2点）設置している。各火山に設置した GPS 観測点のデータは、各センターにて一定時間毎（通常は3時間）に回収する。

回収したデータは、専用のソフトウェアで解析した後、基線長データ・座標データを算出する。解析した結果は、GPS 解析装置で見ることが出来るほか、解析結果を FTP で処理系に転送することにより、他のデータと共に監視を行うことが出来る。

8. VOIS による監視・観測の成果

VOIS の整備により、火山監視は強化された。その監視強化が有効にはたらいた事例を紹介する。

8. 1 浅間山の噴火確認

浅間山では 2003 年 2 月 6 日噴火が確認された。この噴火は極小規模なもので、アラームが鳴動しなかったため、約 1 時間後の画像確認で有色噴煙が発見される

こととなった（第7図）。浅間山ではその後、3回の有色噴煙が確認された。これは過去の映像データを容易に見れる様にする事で火山監視の強化につながった事例である。



第7図 浅間山の有色噴煙

8. 2 霧島山の映像監視強化

2003 年 12 月の霧島山の臨時情報に伴い、福岡センターで監視している霧島山の映像を、東京センターを経由して内閣府に分岐した。また、内閣府から分岐された他機関映像も、東京センターから配信することにより、福岡センターで監視に利用されていた。これはネットワークの強化が火山監視の強化につながった事例である。

8. 3 火球の画像

2003 年 6 月 16 日関東地方周辺で、火球の目撃情報があった。伊豆東部火山群に設置している高感度カメラによる画像を調査したところ、火球と思われる明かりを確認することができた。また、火球が原因と思われる空振計データも、那須岳等で記録された。これは自然現象を複数の火山観測網で捕らえた事例である。

9. 今後の課題

9. 1 Xサーバエミュレータを用いた遠隔地での画面起動時間

5. 1 ハードウェア構成にある通り遠隔地では、Xサーバエミュレータを用いてセンターで起動した画面を PC 端末に表示する。

遠隔地での画面の起動時間が大きかったため、起動コマンドから起動終了までに行われるパケットの調査

を行った。その結果、非常に小さいパケットを多量にやりとりすることで時間が多くかかることが分かった。パケットが小さいとは、回線を太くしても速度の向上が期待できないこと、多量のパケットを扱うとは、1 回あたりの通信の遅延時間が累積されることを意味する。これは X の通信プロトコルの特徴であり、回線を太くするだけでは起動時間の大幅な短縮は望めないことがわかった。

また、波形データの伝送や DB の通信では、遅延時間が少ないこともわかった。

このため、起動時間の短縮のために以下の方針を立てた。

- ・遠隔地に会話サーバを設置し X の通信プロトコルによる起動時間の短縮を図る。
- ・波形データや DB のアクセスはセンターへアクセスする

このような対策をとることにより、起動に 90 秒近く要している検測画面の起動時間が、15 秒程度になることが試験で分かった。この技術を利用した VOIS の機能強化を、2004 年 3 月鹿児島地台に整備する予定である。

9. 2 各種データをリンクした監視

上述の通り、火山監視・観測では様々なデータを扱っている。今回の VOIS では、各種目毎にシステムを設計したが、今後は各種データを統合して監視を行う必要がある。特に噴火の早期検知のためには、震動・空振・映像データを組み合わせたアラームロジックの開発が不可欠である。この中でも特に、映像に関するロジックについては、ノウハウがほとんどなく、今後早急にとりかからなければならない事項の一つである。

参考文献

気象庁火山課遠隔観測係 (2000) : VoIPAS ドキュメント ver.2.03