験震時報第 76 巻
（2013）83～131 頁

新しくなった火山監視・情報センターシステム（VOIS）の紹介

Introduction of the New Volcanic Observations and Information Center System (VOIS)

松森敏幸[1]

Toshiyuki MATSUMORI[1]

(Received October 6, 2011: Accepted September 7, 2012)

1　はじめに

2010 年（平成 22 年）8 月 2 日，2 世代目となる新しい火山監視・情報センターシステム（Volcanic Observations and Information Center System，以下，VOIS：ボイス）の運用を開始した．初代の VOIS（以下，VOIS1）は，2002 年（平成 14 年）3 月の「火山監視・情報センター」（以下，火山センター）業務の開始に合わせて，気象庁地震火山部及び札幌，仙台，福岡の各管区気象台の各火山センター及び鹿児島地方気象台などの火山官署に整備されたものであり（碓井，2004），整備してから 8 年余りが経過していた．地震活動等総合監視システム（Earthquake Phenomena Observation System，以下，EPOS：エポス）（尾崎，2004）等の更新時期と重なったことや EPOS がリース契約による整備なのに対し VOIS1 が買い取りによる整備であったこともあり，地震火山部が整備した他の処理システムに比べても VOIS1 の運用は長期間となった．

VOIS1 では，関係する地方気象台や測候所からも火山活動の状況が確認できるよう，Unix の X Window システムとフレームリレー網（以下，FR 網）によるクライアントサーバシステムを構築していたが，伝送遅延の影響で遠隔地になればなるほど表示に時間がかかることや伝送回線の脆弱性などに問題があった．また，VOIS1 は冗長化構成になってはいたが，関係機関を含め管内の火山観測データについては，当該火山センターの VOIS でしか処理されておらず，大規模災害等で VOIS が機能しなくなった場合に監視等の当該火山業務が継続できないという課題があった．

2 代目の VOIS（以下，VOIS2）では，気象庁本庁と福岡管区気象台に処理装置を，各火山センター及び鹿児島地方気象台，浅間山，伊豆大島，三宅島，阿蘇山の各火山防災連絡事務所（以下，連絡事務所）に端末装置を設置し，WAN（Wide Area Network）を介したクライアントサーバシステムを構築した．VOIS2 では Unix の X Window システムに専用のソフトウェア（以下，S/W）を組み合わせて使用し，FR 網の代わりに気象庁の国内基盤通信網を WAN として利用することにより，各端末装置から気象庁本庁または福岡管区気象台の処理装置にアクセスして火山活動の監視や解析を行っても，作業を遅滞なく安定して行うことができるようになった．また，VOIS 更新に合わせてテレメータ装置の更新及びデータ伝送経路の見直しを行い，全国の火山観測データを気象庁本庁と福岡管区気象台の処理装置に並行して伝送することで，当該火山センターでしかできなかった火山活動の監視・解析が，他の火山センターでも可能となった．

以下では，VOIS2 の機能等について，VOIS1 との違いを中心に紹介する．

なお，VOIS2 の整備は，「火山監視・情報センターシステムの設計及び処理プログラムの製作等」及び「火山監視・情報センターシステムのハードウェ

[1] 地震火山部火山課，Volcanological Division, Seismological and Volcanological Department

アの借用（リース）・保守及び取付調整」で行ったものであるが，本稿では，VOIS2 だけでなく VOIS2 に関連するシステムについても適宜紹介する．

２　VOIS2 の特徴

VOIS2 では各火山の監視や解析等を全国規模で行うことになったが，既に VOIS1 でも各火山の監視や解析等を火山センター単位で行っており，多くの機能は VOIS1 のものを踏襲するなどして大きな違いはないが，VOIS2 として特徴的な事項としては，以下のようなものがある．

2.1　処理システムの変遷

VOIS2 に至るまで，いろいろな処理装置やシステムを用いて火山業務を行ってきた（図 1）．

火山センター業務の開始以前から，地元の火山防災業務を担当する地方気象台や測候所がワークステーション単体の火山解析処理装置（Volcanic data Processing and Analysis System，以下，VolPAS：ボルパス）を使って火山業務を行っており，気象庁本庁及び札幌，仙台，福岡の各管区気象台においても VolPAS を整備して，現地からの火山波形データを受信，処理することで検測作業を分担していた．

VolPAS の老朽化によりシステム更新を行ったが，気象庁本庁及び札幌，仙台，福岡の各管区気象台については，EPOS や地震津波監視システム（Earthquake and Tsunami Observation System，以下，ETOS：エトス）の更新タイミングと合致していたため，VolPAS の機能を EPOS または ETOS に追加することになった．他の官署については VolPAS を単純更新した．

平成 13 年度末に火山センター業務を開始することになり，本格的な火山業務用の処理システムが必要になったため，VOIS1 が整備された．VOIS1 のハードウェア（以下，H/W）はリースでなく買い取りであったこともあり，7 年以上運用してきたが，老朽化が進み，また保守部品の入手が困難になったことから，VOIS2 に更新した．

地震津波業務を含む地震火山部が整備してきたこれまでの処理システムは，気象庁本庁，各管区気象台，及び沖縄気象台に設置した処理装置で各管内の観測データを処理し情報発表等を行っていたが，近年の計算機の処理能力の向上，通信技術の発達，専用 S/W の登場等により，VOIS2 だけでなく，現行の EPOS 及び地域地震情報センターデータ処理システム（Regional Earthquake Data Center System，以下，REDC：レッドシー）の現行システム（地震予知情

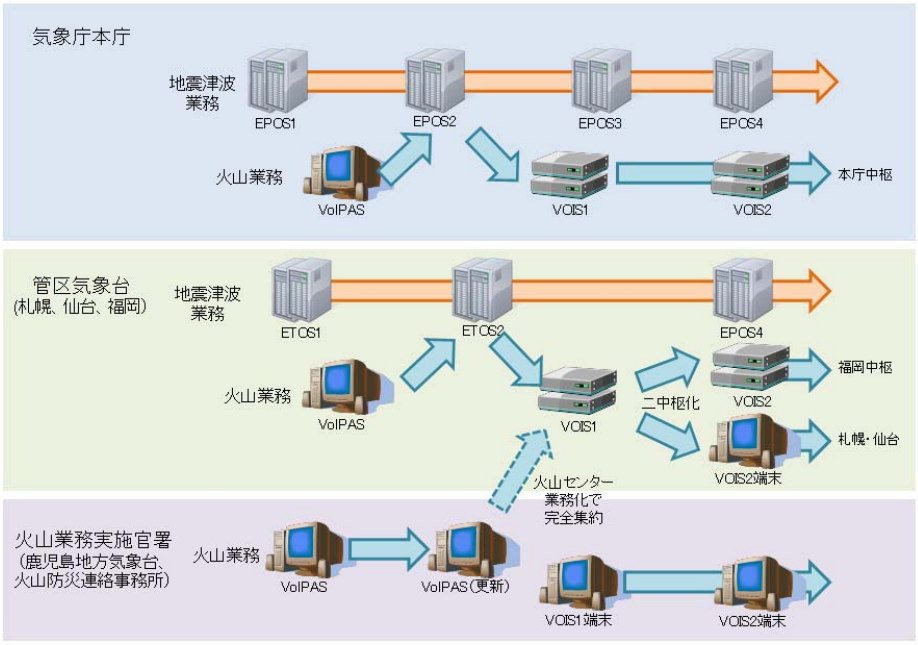

図 1 火山業務で使用するシステムの変遷

報課，1998）（以下，EPOS4，REDC2）でも全国規模でのデータ処理が可能となっている．また，大規模災害等により気象庁本庁の機能消失時においても各業務が継続できるよう，地域冗長として西日本にも処理装置を設置している．EPOS4，REDC2 においては大阪管区気象台に処理装置を設置しているが，大阪管区気象台では火山業務を行っていないことから，VOIS2 においては気象庁本庁以外に福岡管区気象台に処理装置を設置し，二中枢システム（以下，東京中枢，福岡中枢）とした．

VOIS1 では管内の火山を対象としていたが，VOIS2 では全国の火山が対象になるのに加え，平成 20 年度補正予算での火山観測施設の整備により常時観測する火山の数が 47 になり，処理が必要なデータ量も増えたこともあって，大幅な H/W の増強を行った．S/W についても全国規模で監視や解析が行えるよう機能強化を行う一方，業務代行時を除き，所管する火山以外については異常を検知しても報知しないような仕組みを新たに構築するなど，これまでと同様，火山センター単位での火山業務が違和感なく行えるようになっている．

各火山センターや鹿児島地方気象台では，当該官署に設置した端末装置から東京または福岡の中枢システムに接続し，管内各火山の活動状況の監視やデータ解析を行うが，処理した結果は接続した中枢の処理装置に保存されるため，処理した結果が両中枢に分散しないようにあらかじめ接続する中枢を火山センターごとに決めている．自官署に処理装置を設置している東京，福岡の両火山センター及びそれに所属する鹿児島地方気象台や各連絡事務所については，それぞれの中枢システムに接続することにした．札幌及び仙台の両火山センターについては，東京または福岡どちらかの中枢システムに接続する必要があるが，東京中枢の機能消失時においても東京火山センターの業務代行を速やかに行えるよう，平常時から福岡の中枢システムに接続することにした．

一方の中枢システムが機能を消失した場合でも残りの中枢システムで火山業務を継続できるよう，処理に用いるデータやパラメータを同一にしておくほか，処理結果を共有できるようにしている．具体的には，①観測データについては時刻付きでパケット化して両中枢に伝送する，②各火山センターが管理するパラメータについては当該中枢での反映・動作確認後すみやかに残りの中枢に反映する，③検測値等の処理結果についてはデータベース（以下，DB）で管理し，当該データを保存するテーブル（以下，TB）を中枢間で逐次コピーし同期させるようにしている．

二中枢システムである VOIS2 では，本庁火山課が中心になってシステム管理を行うようにしたが，引き続き各火山センターも管理を分担している．また，各火山センターでは，現業当番者が 24 時間体制で火山監視等の火山業務を行っており，システム担当のサポートを受けながら，VOIS2 の運用も行っている．

2.2　システムの調達

VolPAS や VOIS1 など歴代のシステムは，火山業務という特殊な業務を行うために専用の処理プログラムが必要であり，24 時間 365 日連続して安定運用するために，システムとして H/W と S/W を一括で調達してきた．

一方，VOIS2 は「情報システムに係る政府調達の基本指針」に沿った調達を行うことになり，府省全体管理組織である国土交通省情報管理部との調整作業やシステムを H/W と S/W に分離して調達することが必要になったため，当初の予定よりも契約までに時間がかかり，運用開始日を 2 か月ほど遅らせることとなった．

これまでのようにシステムを一括して調達した場合は，受注業者は 1 者だけであり，H/W と S/W どちらの不具合であっても，また，どちらの不具合と判断できない場合であっても，その業者が責任を持って対処してもらうことが可能であった．一方，システムを H/W と S/W に分離して調達した場合には受注業者が同じとは限らないため，責任の所在を明確にしておかないと業者間で責任の擦りつけ合いになってしまうおそれがある．VOIS2 では，まず S/W の契約を行い，S/W の受注業者はシステム設計と S/W 作成を行い，システム設計の中で H/W の必要要件について検討しその結果を気象庁に報告することとした．検討結果をもとに気象庁が作成した仕様書で

H/W を発注することにより，H/W の受注業者がどこであっても S/W の受注業者が想定した機能を確保できるようにした．また，システムで発生する不具合について，H/W 単独の障害の場合を除きその責任を S/W の受注業者が負うものとして，S/W の受注業者が復旧のための手順書等を作成し，システムを分離調達した場合での責任問題に対処した．なお，VOIS2 では結果的に同一業者が S/W，H/W とも受注したため，分離調達における責任問題は発生していない．

2.3 EPOS 等との共通化

VOIS1 は，主要機器が複数台で構成される等，冗長化された本格的な処理システムであり，火山観測データをオンライン･リアルタイムで処理し 24 時間 365 日連続運用するために，機能別になったプログラムを並列して多数動作させたり，H/W や S/W の異常を検知した場合には待機状態の装置に運用を自動的に切り替えたりできた．システムの基盤的機能（インフラ）とも呼ぶべきこれらの基本機能は EPOS や REDC を手本に新規に設計・作成されていたが，EPOS とは異なる業者が受注して VOIS1 を開発したため，設計思想は似ていても実装方法が EPOS とは異なっていた．

VOIS2 は，上述のような経緯でシステムを調達することになったものの，結果的には H/W と S/W ともに EPOS4 の業者が受注したため，EPOS 等での実績のあるインフラを VOIS2 に実装できるようになった．また，業務処理プログラムにおいても，火山業務独自の機能については VOIS1 の機能を踏襲する一方で，地震業務と共通化できる機能については，必要に応じて一部修正するなどして実績のある EPOS の機能を利用し，より安定した処理システムを構築するようにした．

３ システム構成

3.1 VOIS2 の全体構成

VOIS2 は，火山観測データを収集，解析し，その結果をもとに噴火警報などの情報発表を行うシステムである．それに必要な，火山観測データを収集するための機能，収集したデータを解析し保存する機能，解析結果をもとに火山活動を評価する機能，警報や情報として評価結果を発表する機能，過去データを解析し再評価を行う機能などについて，重要度や利用頻度を考慮した上でこれらの機能を実装する H/W の設計を行った．

重要度が高い機能が多いことから，実装する H/W のほとんどは冗長化構成となっている．冗長化された全装置を常時稼働することを基本としているが，切り替えに必要な時間が許容できる範囲内であれば，１台のみを稼働させ，残りはいつでも稼働できる状態で待機させている（ホットスタンバイ構成）．また，全装置が常時稼働している場合でも，処理内容によって，運転系と待機系に分かれて運用する装置（デュプレックス構成）や負荷分散の観点から複数台で運用する装置（デュアル構成）がある．また，装置そのものは冗長化されていない場合でも，装置内部の外部記録装置や電源装置の部分については冗長化させ，より耐障害性の高いものとしている．

EPOS を使って「地震津波監視業務」と「東海地震予知業務」に大別される業務を行っているが，これらの業務を処理内容に応じて区分しサブシステム化することで，業務が輻輳するような状況が発生しても，各業務処理が円滑に行われるようにしている．VOIS1 では，気象庁予報部が整備した気象情報伝送処理システム（以下，アデス）との通信は EPOS3 や ETOS2 の機能を使って行っていたが，EPOS4 への更新により EPOS3 や ETOS2 が集約されるため，東京火山センターは直接アデスと通信し，他の火山センターは大阪管区気象台に設置した EPOS4 の機能を利用することになった．VOIS2 では，東京だけでなく福岡の中枢システムも直接アデスと通信することにしたため，EPOS4 の通信サブシステムと同等機能を実装した．

VOIS2 の全体構成は，基本的に VOIS1 を踏襲しており，必要な業務処理を行う処理装置，それらを操作するための端末装置，処理装置と端末装置を接続するネットワーク装置に大別できる．気象庁本庁と福岡管区気象台には基本となる処理装置を配置し，各火山センターと鹿児島地方気象台及び浅間山，伊豆大島，三宅島，阿蘇山の各連絡事務所には，ネッ

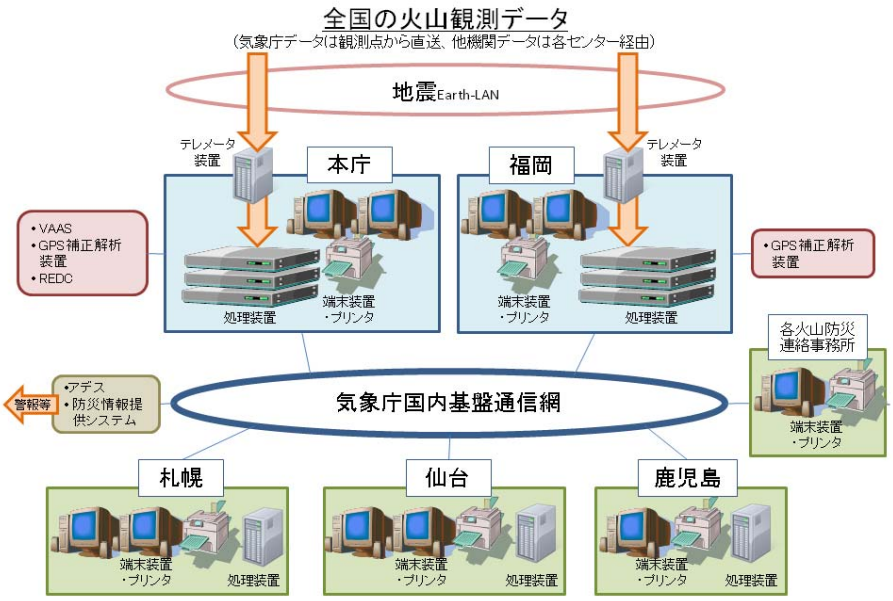

図 2 ハードウェア構成（システム全体のイメージ）

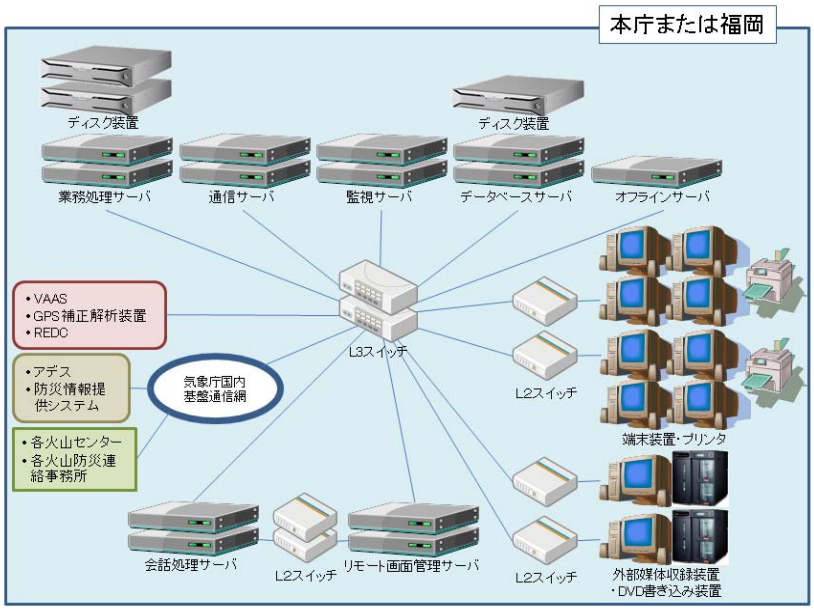

図 3 ハードウェア構成（中枢システムの機器構成）

トワーク装置と端末装置を設置している．VOIS2 の H/W 構成は図 2，図 3 のとおりである．

なお，システムを構成する各装置の特徴については以下で説明するが，テレメータ装置等，予算的には VOIS に含まれなくても VOIS に密接に関連する機器などについても説明を加えている．

3.2 テレメータ装置

VOIS2 では全国の火山観測データを処理するため，気象庁本庁及び福岡管区気象台に設置したテレメータ装置を更新するとともに，伝送経路を見直し，数倍に増加する観測データを確実に VOIS2 に転送できるよう機能強化を図った（図 4）．

各火山センターに設置したテレメータ装置は，管内の観測点から伝送される観測データを受信し，VOIS や大学等の関係機関に配信しているが，観測点の送信装置によって伝送フォーマットがバラバラ

だったり，観測時刻が付いていなかったりするため，時刻調整したものを，大学等で利用されている WIN システム（卜部・束田，1992）で定義され地震波形データの標準的な伝送形式になっている WIN フォーマットに変換して VOIS や大学等に配信している．平成 21 年度の補正予算で行った火山総合観測装置の新規整備や既存観測点の送信装置の更新により，観測点を管理するセンターを介さずに直接観測点から気象庁本庁や福岡管区気象台に観測データを伝送できるようになったが，残りの観測点や他機関データについては従来からの伝送経路のままであることから，札幌及び仙台管区気象台のテレメータ装置については，送信装置の更新や伝送経路の変更が完了するまでのしばらくの間，現用機器での運用を継続することになっている．

3.2.1　データ伝送方式の改善

従来の観測点からのデータ伝送は，HDLC 手順によるシリアル伝送が主体であり，伝送フォーマットも統一されておらず，再送の方法もなかった．また，用いる回線も多くは専用回線で 1 対 1 での通信であったため，当該火山センターに設置されたテレメータ装置でしか受信できず，火山センター自体が被災した場合には，当該火山センターの VOIS のみならず他の火山センターにも観測データが配信できなくなり，また，データ蓄積や再送機能を有しないので，結果的にデータ欠落を招き，火山活動監視ができなくなる危険性があった．

火山総合観測装置の新規整備や既存観測点の送信装置の更新では，上記のようなデータ欠落の危険性を少しでも低減させるため，①観測点からの伝送形式を WIN フォーマットに統一する，②IP パケット化した観測データを IP-VPN 網を通じて常時二中枢へ伝送する，③送信装置に蓄積した観測データを FTP で取得できる，などを基本仕様とした．また，WIN フォーマットで伝送するには，観測点でサンプリング周波数に見合った精度の時刻を付加する必要があることから，GPS 時計を用いることを基本としたが，設置環境によっては人工衛星が捕捉できない状況も想定されることから，ネットワーク越しに東京または福岡の NTP サーバを参照して時刻校正を行うことも可能としている．

通信回線については，これまでから一部の関係機関との観測データの交換または入手手段として IP-VPN 網を用いてきていたが，今回の観測データの収集においては，高感度地震観測網（Hi-net）でのデータ収集用として実績があり，多機能型地震計のデータ収集でも利用している Earth-LAN サービスを

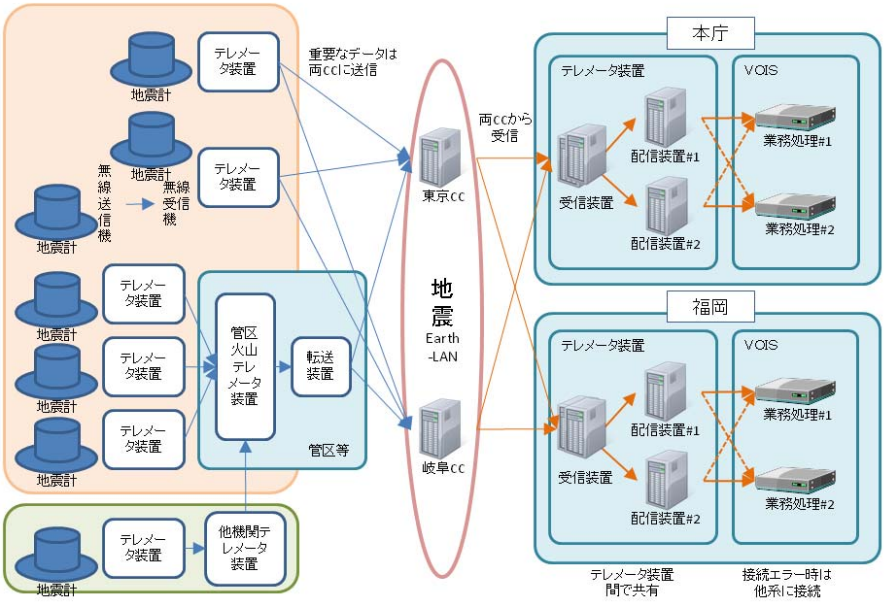

図 4　地震波形データの伝送フロー

用いることとした．Earth-LAN での独自サービスとして，東京及び岐阜の東西 2 か所のコントロールセンター（以下，CC）で IP データを再配信する機能がある．各観測点からこれらの CC に観測データを送信し，この機能を利用して CC から気象庁本庁及び福岡管区気象台へ配信している．なお，関係機関へのデータ交換用として当該火山センターには，気象庁本庁または福岡管区気象台から再配信している．

IP-VPN 網にはデジタル回線で接続する必要があるが，光ケーブルなど回線容量が十分確保できる場合には東西 2 か所の CC に観測データを同時に送信し，メタル線などで回線容量が十分でない場合は東西どちらかの CC に観測データを送信している．観測点にアナログ回線しか敷設できない場合は，デジタル回線が敷設できる中継点を設け，観測点と中継点の間はモデムを使って伝送し，中継点でアナログーデジタル変換して CC に伝送している．観測点に通信回線が敷設できない場合は，無線が受信でき，かつ通信回線が敷設できる場所に中継点を設け，観測点からは HDLC 手順による無線の送信を行っている．

観測点によって中間の伝送方法はさまざまであるものの，観測点で作成された時刻付きの WIN フォーマットの観測データは，CC を経由して気象庁本庁及び福岡管区気象台のテレメータ装置に伝送される．WIN フォーマットでは伝送するデータを識別するための固有のチャネル番号を使用するが，関係機関とのデータ交換，さらには火山観測だけでなく地震観測の関係機関とのデータ交換も想定し，一元管理された番号を割り振っている．

3.2.2 テレメータ装置の改善

従来の各火山センターに設置したテレメータ装置でも，観測データを受信し必要に応じてデータ時刻の調整やフォーマット変換を行って，VOIS1 や関係機関へ観測データを転送していた．VOIS2 では処理するデータ量が数倍に増加するためテレメータ装置の機能強化を行ったが，波形データについては WIN フォーマットで VOIS2 に伝送することになったものの，テレメータ装置としての処理内容自体に大きな変更は必要ないことから，機器構成の変更は行わず，通信回線数及び受信データ数の増大に対応した処理能力の向上を図った．

具体的には，気象庁本庁及び福岡管区気象台には，従来と同様，観測データを受信する機能（火山観測データ受信装置．以下，受信装置）と受信した観測データを VOIS2 や他の処理システムへ配信する機能（火山観測データ配信装置．以下，配信装置）を独立させ，それぞれについて従来よりも処理能力の高い装置を整備した．また，VOIS の更新により処理装置への配信が不要になる札幌及び仙台管区気象台には対象とするデータ数が大幅に少なくなることから，受信と配信の機能を 1 台の装置（データ受信転送装置）に持たせた．

テレメータ装置を構成する機器については，機器障害時の影響を最小限に抑えるため，冗長化構成を基本としている．受信装置については，冗長化された 2 系統の装置のうち 1 系（#1）または 2 系（#2）のどちらかを運転系として運用し，残りの系はバックアップ用として待機させている．配信装置については二重化構成でともに稼働状態となっており，運転系の受信装置から観測データを受信し，転送先の装置に観測データを配信している．

テレメータ装置の機能として，これまで同様，フォーマット変換のほか，①チャネル番号の付け替え，②時刻補正，③リサンプリング，④ビットシフトが変更可能であり，更新時の機能強化により⑤オフセットが新たに設定できるようになった．

VOIS2 では，処理対象の観測データに独自のチャネル番号を付して管理している．波形データについては，テレメータ装置から受信した波形データをそのまま保存・蓄積するため，テレメータ装置で伝送用から VOIS2 用にチャネル番号を付け替えている．

地殻変動データについては，従来同様，時刻を統一した観測データを一括して VOIS2 に転送しているが，そのデータ長は 16 ビットである．通常，観測データの下位 16 ビットを転送するため，元データのビット長が 16 ビットより大きい場合は，振り切れ状態や 16 ビット幅で大きく変動する（折り返し）状態となる可能性がある．そのため，上位ビットと下位

ビットの 2 つのデータに分けたり,変動幅が 16 ビットに収まるようにビットを左右にずらす（ビットシフト）したりしてから転送している．一方，火山総合観測装置として新たに整備された傾斜計等の地殻変動データは，波形データとともに A/D 変換された後 WIN フォーマットで伝送されるが, A/D 変換時のデータ長は 24 ビットであるため,観測データの値によっては正しく 16 ビットに変換されない可能性がある.観測データの変動幅が 16 ビット長を超える場合は，ビットシフトすることで変動幅を 1/2 以下に抑えることができ，データが折り返したり振り切れ状態になったりすることを回避できるが，1 ビットあたりの分解能がその分低下する．他方，変動幅が 16 ビット長を超えない場合でも変動の中心が 0 付近でない場合は，データが折り返したり片振れ状態になったりすることがある．新たに機能追加したオフセットを適切に設定し，変動の中心を 0 付近になるようにすれば，分解能を低下させずに折り返し等を回避することができる．ただし，トレンド量が大きい場合にはオフセット量の見直し間隔が短くなるので注意が必要である．

テレメータ装置の通信については，対 VOIS2 のようなシステム内の装置との接続は TCP/IP で，対 CC のようなシステム外の装置との接続は UDP/IP で通信を行っている．また，基本的な接続手順として，受信装置の場合は，相手の装置に対して自ら接続に行き（アクティブ），配信装置の場合は，相手装置からの接続を待つ（パッシブ）ように設定している．

VOIS2 の両系に観測データを配信できるよう，VOIS2（業務処理サーバ）との間を 100Mbps のネットワークケーブルでたすき掛けに接続し，配信装置には接続待ちの送信用プロセスを複数起動させている．通常時は配信装置#1 と業務処理サーバ#1，配信装置#2 と業務処理サーバ#2 の間で TCP/IP で通信しているが，業務処理サーバが配信装置との通信が切断したことを検知すると自動的に他方の配信装置に接続し直し，継続してデータを受信する仕組みとなっている．

従来のテレメータ装置においても，1 台の管理用装置から，受信装置や配信装置などの構成制御（起動や停止）や各装置の送信用や受信用プロセスの制御（起動や停止，パラメータの反映）などの作業を行うことができたが，パラメータについては装置ごとに管理する必要があった．新しいテレメータ装置では，構成制御などの操作だけでなく，各装置で使用するパラメータが 1 つのファイルに統合され，1 台の管理用装置で管理することができるようになった．また CSV 形式のファイルとなっているので，非常に管理しやすくなった．

3.3 処理装置

火山業務処理を行うために必要な装置であり，処理内容に応じて性能（スペック）の異なる装置を使い分けており，主に観測データを受信して自動処理を行う業務処理サーバ，自動処理結果をもとに解析処理を行う会話処理サーバ，アデスとの間で噴火警報等の電文の送受信を行う通信サーバ，システムの稼働状況の監視や報知を行う監視サーバ，DB として処理パラメータや解析結果などの保存や降灰予報の作成・発表を行うデータベースサーバ，端末装置に対して WAN 越しであっても LAN（Local Area Network）並みの速度で画面を表示するためのリモート画面管理サーバがある．また，周辺装置として地震計などの観測データを DVD に保存するための外部媒体収録端末・DVD 書き込み装置，業務処理サーバや監視サーバ用のディスク装置やデータベースサーバの共有ディスクとして使用するディスク装置があり，これらの装置は気象庁本庁及び福岡管区気象台に設置されている．各火山センターと鹿児島地方気象台には，独自に解析処理等が行えるようにオフラインサーバを設置している．

設置機器の全体構成やスペック等の詳細は，図 5 及び表 1，表 2 の通り．

3.3.1 業務処理サーバ

高速デジタル回線等を経由して伝送されてくる気象庁及び関係機関の地震計や空振計等の波形データ（32ビット長，100Hzまたは20Hzサンプリング，最大4000チャネル）及び傾斜計などの地殻変動データ（16ビット長，1 Hzサンプリング，4000チャネル）を，テレメータ装置を介して常時受信し，受信したデータを

主記憶装置（以下，メモリ）に格納したのちに自動検測，イベント判定等の自動処理を行い，指定されたパラメータによりアラーム鳴動等を行う．

受信したデータを格納するメモリはサイクリックに使用し，最新のデータで上書きされる前にディスク装置に転送・保管している．波形データについてはテレメータ装置から受信した100Hzのデータを20Hzにリサンプリングしたり，速度計のデータを時間積分して変位データに変換したり，地震等のイベントを検出しやすいように波形データに特定の周波数成分だけを透過させるフィルターをかけたりして新しいデータを作成している．地殻変動データについても，テレメータ装置から受信する1Hzのデータ（原データ，秒値）をもとに，平均処理等を行って分値や時間値を作成し，さらには地殻変動の異常を監視するために潮汐成分等を除去した補正分値や補正時間値を作成している．

テレメータ装置から受信したデータや各業務処理で作成したデータについては，アクセス頻度の高い最新分をメモリに保管し，ある程度時間が経過したものについてはディスク装置に保管している．さらに時間が経過したものについては外部媒体としてDVDに書き込み，保存している．

上記のような処理を行うため，4CPU（合計8コア），メモリ16GB，内蔵ディスク146GBと，VOIS2の中で最も高速なCPUと十分なメモリを確保した装置となっている．また処理の多くが自動処理であり，他の処理装置や端末装置からネットワーク越しにアクセスされることから，ラックマウント型のサーバ装置とし，サーバ用のOS（HP-UX11iv3）を採用している．OSやプログラム等はミラー化された内蔵ディスクに保管しているが，波形データや地殻変動データについては，多量のデータを保管する必要があり，内蔵ディスクでは容量不足となるため，業務処理サーバ・監視サーバ用のディスク装置（3.3.8小節参照）を接続して保管している．

業務処理サーバは冗長化（二重化）構成となっている．障害時においてもできるだけ観測データ等が欠落しないよう，両系とも常時稼働させているが，異常検知時のアラームが二重で報知しないよう，一方を運転系，他方を待機系として運用している（主副の二重化）．待機系でも自動処理が行われるが，運転系での結果のみがDBに保存される．

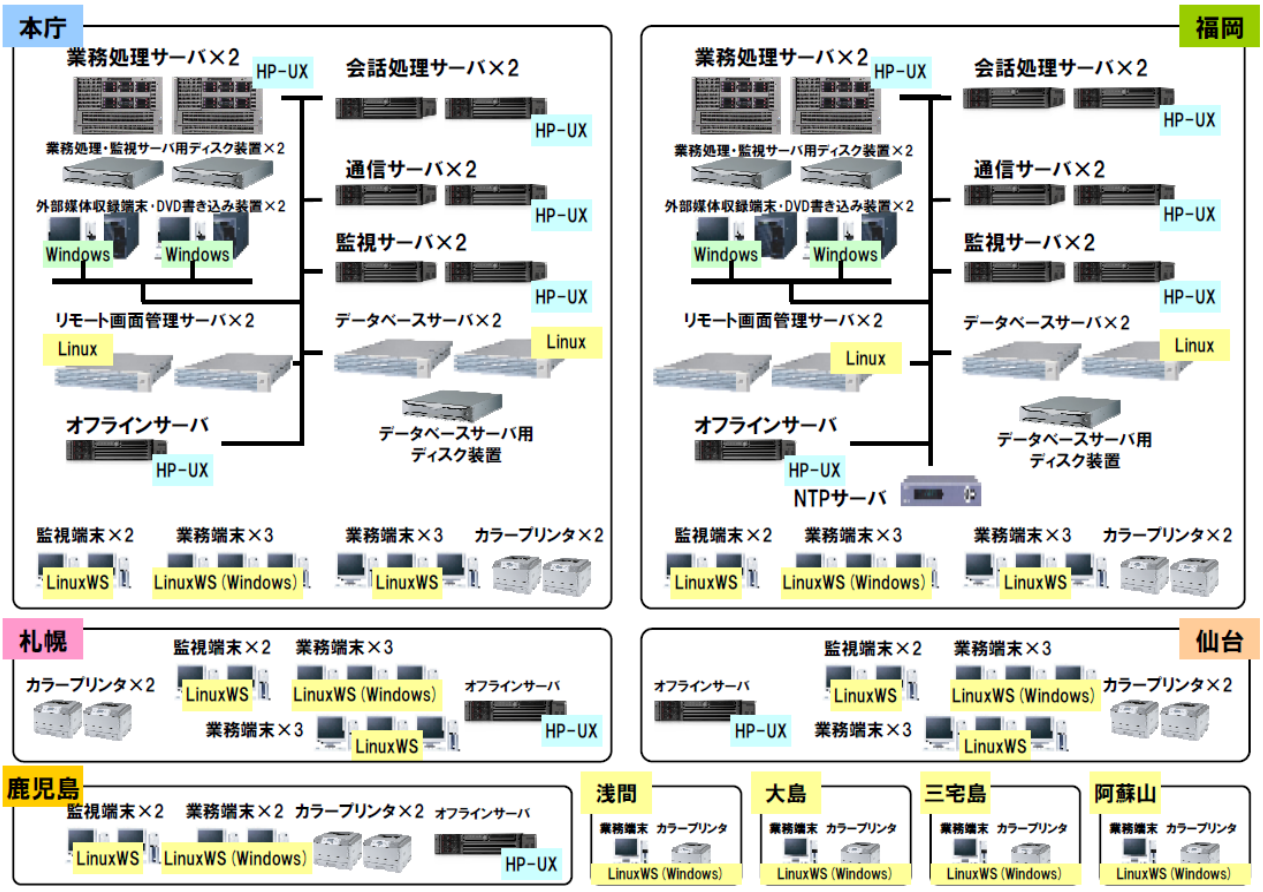

図 5 設置機器の全体構成

系の組み込みや切り離し，運転から待機への系切替えなどの二重化制御は，EPOSでの実績があるものを活用し，操作については専用のプログラムで行う．

3.3.2　会話処理サーバ

業務処理サーバに保管されたデータや，DB に保存された自動処理結果をもとに，手動検測や震源計算等のイベント処理，異常検知時のデータ確認や噴火警報等の情報発表等の監視業務のほか，地震回数表や震源表示等の解析業務を行う．

全国の端末装置からネットワーク越しにアクセスして利用されることから，多数のプロセスが高速に実行できるよう，2CPU(合計 4 コア)，メモリ 16GB，内蔵ディスク 292GB と，業務処理サーバに次いで高速な CPU と十分なメモリを確保した装置となっている．業務処理サーバと同様ラックマウント型のサーバ装置とし，サーバ用の OS（HP-UX11iv3）を採用している．

会話処理サーバも冗長化構成となっているが，業務処理サーバのような主副の二重化ではなく，それぞれ独自に動作しており，負荷分散の意味合いが強い．各火山センターの端末装置からアクセスされるため，今後 CPU やメモリ等のリソースが不足することも想定されるが，CPU やメモリの増設で対応できない場合においても会話処理サーバを追加整備することで対応可能である．

専用プログラムで系の切り離しや組み込み操作を行うが，業務処理サーバで可能であった系切り替えは操作できないようになっている．

3.3.3　通信サーバ

主にアデスとの電文の送受信を行う（図 6）．

冗長化構成は，アデスとは 1 対 1 通信となることから，業務処理サーバと同様，主副の二重化とした．例えば，業務処理サーバにアデスとの通信処理を組み込むことも可能であるが，系切り替えによる回線断時にアデス側で報知されることから，系切り替えの頻度が高い処理装置には組み込めなかったこと，業務処理サーバが障害となった場合でも噴火警報等の情報発表機能だけは最低限確保しておく必要があることから，通信サーバとしてアデスとの通信用に専用の処理装置を用意した．

業務処理サーバや会話処理サーバに比べると，1CPU（合計 2 コア），メモリ 8 GB，内蔵ディスク 146GB と，スペックは高くない．主にアデスとの通信で使用するため，ラックマウント型のサーバ装置とし，サーバ用の OS（HP-UX11iv3）を採用している．

業務処理サーバと同様，二重化制御は EPOS での実績のあるものを使用し，操作についても共通の専

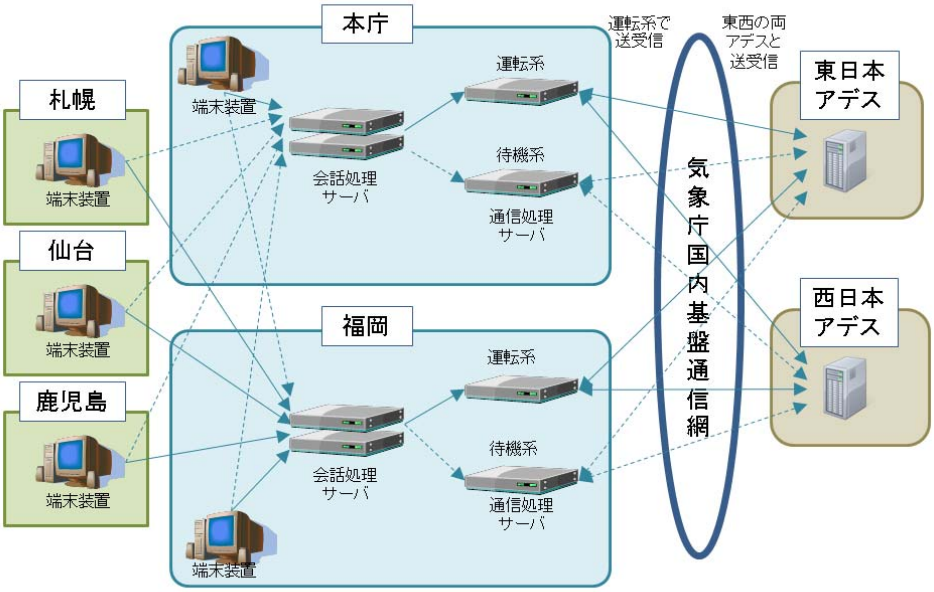

図 6 火山関係電文のフロー（電文作成と発信）

用プログラムで行う．

3.3.4 監視サーバ

処理装置等，システム内の各装置の運用情報を収集し，H/W 及び S/W の異常監視，ネットワーク監視等の全体システム管理を行う．

冗長化構成は，報知機能がシングルとなるよう，業務処理サーバと同様，主副の二重化としたが，多くのミドルウェアを組み合わせて監視処理を行うことから主副間での誤動作を防ぐため，クラスタ制御を用いることにした．

通信サーバと同じラックマウント型のサーバ装置とし，サーバ用の OS（HP-UX11iv3）を採用している．

ネットワーク越しに装置の監視を行うため，ネットワーク上を監視用のパケットが多数流れることになる．通常の業務に影響を与えないよう，別のセグメントを使って監視用のパケットをやりとりしている．

二重化制御についてはミドルウェアで行うが，操作については共通の専用プログラムで行う．

3.3.5 データベースサーバ

業務処理で使用するパラメータや業務処理サーバや会話サーバの処理結果を保存する DB を管理するほか，降灰予報の作成・発表を行う．また，DB 用に用意したディスク装置を活用して，必要なコンテンツを WEB サーバに転送する機能や，セキュリティ対策としてインターネットからパターンファイルを取得し，各装置に配布するなどのウィルスチェック機能等も有している．

データベースサーバも冗長化構成となっている．OS 等の S/W や個別のデータについては各装置の内蔵ディスクに保管しているが，DB や WEB コンテンツ等，系切り替え後も継続して同一データを提供できるようにディスク装置専用のネットワーク（SAN, Storage Area Network）で接続したディスクアレイ装置を共有ディスクとして使用し，当該データをそこに保管している．

他の処理装置と同様，ラックマウント型のサーバ装置としたが，主として DB を管理し，そのエンジンとして MySQL を使用することもあり，2CPU（合計 8 コア），メモリ 20GB，内蔵ディスク 146GB で，OS については Linux ベースの OS（Red Hat Enterprise Linux5）を採用している．

二重化制御については，系切り替え時に共有ディスクの切り替えも行うため，ミドルウェアを用いるが，操作については共通の専用プログラムで行う．

3.3.6 リモート画面管理サーバ

VOIS では，Unix で標準となっている X Window システムを使い，処理装置で動作しているプログラムの画面出力を X サーバと呼ばれる端末の画面に表示させているが，WAN 越しでの接続等，ネットワーク回線の帯域幅が足りなかったり，応答に遅延が発生したりする場合には，画面に表示するまでにかなりの時間がかかる．VOIS1 では LAN 内で処理装置と端末装置が接続されていたため，応答遅延の影響はほとんどなかったが，VOIS2 では WAN 越しでの接続が主となり，応答遅延の影響が相対的に大きくなったため，その対策が必須となった．

その対策としてシンクライアント S/W を利用することになり，Exceed on Demand 7J（以下，EoD）を導入した．EoD では，LAN 上の装置には中継用の S/W を，WAN 越しの端末装置には表示用の S/W を動作させ，中継用と表示用の間については，独自の通信方法を用いることで，回線の帯域幅や応答遅延に関わらず，高速に画面を表示することが可能となっている．

中継用 S/W が停止すると表示先の全画面が停止してしまうため，中継用 S/W を動作させる装置については，他の業務に影響されずに安定した運用ができるよう，専用の処理装置を用意した．

リモート画面管理サーバは冗長化構成となっているが，会話処理サーバと同様，負荷分散の意味合いが強い．EoD のクラスタ機能を利用し，表示用 S/W からの接続要求があった場合に，中継用 S/W は各装置の接続数が同程度になるように接続先を振り分けている．

他の処理装置と同様，ラックマウント型のサーバ装置としたが，EoD 専用ということもあり，データベースサーバと同等の H/W と Linux ベースの OS を採用している．

二重化制御については EoD の切り替えも必要になるためミドルウェアで行うが，操作については共通の専用プログラムで行う．

3.3.7 オフラインサーバ

VOIS2 は，主たる処理装置を気象庁本庁及び福岡管区気象台に設置する，いわゆる二中枢システムであるが，各火山センターに設置した端末装置を使って中枢の処理装置にアクセスして火山監視や解析業務を行うなど，従来と同様，火山センター業務を行っている．

検測作業などの各火山センター共通の業務については，会話処理サーバを用いて行うが，解析作業やプログラム開発等，各火山センター独自の処理を行う場合は，試行錯誤しながらの作業や一時的に高負荷になることも考えられることから，他火山センターの作業に影響しないよう，各火山センター及び鹿児島県内の火山を分担している鹿児島地方気象台にオフラインサーバを設置することとした．

監視業務で使うものではないことから，冗長化構成とはしなかったが，会話処理サーバなどで動作するプログラムの開発も行うことから，多少スペックは落ちるものの H/W や OS は会話処理サーバと同じものを導入した．

他の処理装置と同様，ラックマウント型のサーバ装置（1CPU（2 コア），メモリ 4GB，内蔵ディスク 146GB）であり，サーバ用の OS（HP-UX11iv3）を採用している．

会話処理サーバと同様の環境とするため，系組み込みなどを行うが，操作については共通の専用プログラムで行う．

3.3.8 外部媒体収録端末・DVD 書き込み装置

業務処理サーバ・監視サーバ用のディスク装置に保存された地震波形などの観測データを外部媒体に書き出し，永久保存する．外部媒体に書き出したデータは手軽に利用できる必要があるため，①VOIS 以外でも利用できる，②大容量の記録媒体である，③レベル付きで複数の媒体に連続的に書き出せる，などの条件を満たすラベル印刷機能が付いたオートチェンジャータイプの DVD 書き込み装置を採用した．

外部媒体収録端末は，外部媒体用のイメージファイルを業務処理サーバから取得し，DVD 書き込み装置を使って DVD-R に書き込むため装置である．外部媒体収録端末と DVD 書き込み装置はそれぞれ 1 台でセットであり，負荷分散として冗長化構成（2 セット）としている．

DVD 書き込み装置は，DVD-R が 100 枚装填できるメディアスタッカーを 2 台実装するなど，それなりの大きさのものであり，DVD-R のほかラベル印刷用のインクリボンカートリッジを交換する必要があることから，操作性を考慮して専用卓の上に 2 セットを並べて設置している．また，DVD 書き込み装置を制御する外部媒体収録端末については専用卓の下に設置したが，2 台同時に交換作業や保守作業をすることはないため，キーボードやマウス，ディスプレイ装置は専用卓上に置き，CPU 切替装置を用いて共有している．

外部媒体収録端末では DVD 書き込み装置用の S/W が動作する必要があるため，H/W についてはデスクトップ型の PC（1CPU 2 コア，メモリ 3GB，内蔵ディスク 160GB），OS については Windows XP とした．

3.3.9 業務処理サーバ・監視サーバ用ディスク装置

業務処理サーバにおいては，地震波形などの大量の観測データを系ごとに保存するため，また監視サーバにおいては，システム状態を保存しておくための共有ディスクとして利用するため，業務処理サーバと監視サーバで共用するディスク装置を用意した．

業務処理サーバ及び監視サーバと SAN で接続したディスクアレイ装置（RAID５構成）であり，接続ケーブルやコントローラー，電源部なども冗長化されている．また，業務処理サーバでは大量の波形データを保存するため，4TB のディスク容量を確保している．

3.3.10 データベースサーバ用ディスク装置

データベースサーバにおいては，業務処理サーバや会話処理サーバの処理結果を DB に保存するほか，WEB に掲載するコンテンツを保管するため，共有ディスクとして使用するディスク装置を用意した．

データベースサーバと SAN で接続された 588GB のディスクアレイ装置（RAID5 構成）であり，接続ケーブルなども冗長化されている．

3.3.11 コンソール装置

業務処理サーバなどの処理装置は，すべてラックマウント型であり，画面等の出力はX Windowシステムを使って端末装置に出力しているが，保守作業時やネットワーク障害時は，コンソール画面で操作する必要があり，専用の装置を用意した．OSがHP-UXの装置用にはノートPCを用意し，各装置とはコンソール用のネットワークで接続した．OSがLinuxの装置は基本的にPCと同じなので，キーボード，マウス，ディスプレイ装置がセットになったコンソール装置を用意し，各装置と共用できるよう切替器を介して接続した．

両コンソール装置とも冗長化しており，系ごとに用意したサーバラックにそれぞれ収容して，そのサーバラックに収容している処理装置で共用できるようにしている．

3.4 端末装置

火山活動やシステムの異常を検知した際の報知や表示を行う監視端末,解析等の作業を行う業務端末,処理結果をプリントアウトするためのカラープリンタで構成される．監視端末と業務端末は用途が異なるため，系組み込み時に起動されるプログラムが異なるが，基本的に同じスペックの端末装置であり，メニューから手動でプログラムを起動すれば，同等の作業が可能である．

3.4.1 業務端末

業務端末は，各火山の監視や解析作業を行うための装置であり，火山監視や解析業務を行う各火山センターや鹿児島地方気象台のほか，連絡事務所にも設置しているが，業務内容に応じて設置台数が異なる．

業務端末は，処理装置とは異なり，現業当番者等が直接操作して各種作業を行う．そのため，デスクトップ型の装置（PC）とし，X Windowシステムの端末として快適に動作するよう，1CPU（2コア），メモリ3GB，内蔵ディスク160GB，OSについてはLinuxベースのOS（Red Hat Enterprise Linux5）を採用している.操作で使用する入出力装置については，キーボードやマウス，22型ワイド液晶ディスプレイ装置の一般的なものや，会話検測作業がスムーズに行えるようペンタブレットも接続されている．

また，解析作業結果については，文書や表形式での資料としてとりまとめる必要があるため，仮想化用S/W（VMware Workstation 6）とOS（Windows XP Professional SP3）及び文書作成ソフト（Office Professional 2007）を一部の端末装置に導入した．

3.4.2 監視端末

監視サーバからの通知を受信し，表示や報知を行うための端末装置で，連絡事務所を除く各火山センター及び鹿児島地台に設置しており，保守作業等においても遅滞なく音声報知ができるよう，冗長化構成（二重化，音声報知のみ主副）となっている．

監視端末は，業務繁忙時には業務端末としても使用できるよう，業務端末と同じスペックとし，OSや入出力装置も同等とした．

監視端末や業務端末用のPCにはスピーカーが内蔵されており，単体でも音声報知が可能であるが，監視端末については，ライン出力端子と現業作業室に備え付けられているスピーカーとをミキサー経由で接続し，作業中の現業当番者が報知音性を聞き洩らすことがないようにしている．なお，監視端末は冗長化構成となっているため，音声報知時にエコーがかからないように，音声報知のみ主副の構成となっている．音声報知の主副の切り替えは，処理装置で用いる専用プログラムはなく，システム状態表示画面から行う．

3.4.3 カラープリンタ

カラープリンタは，監視処理や各種解析処理の結果を印刷出力するためのものであり，保守作業等においても遅滞なく出力ができるよう,冗長化構成(二重化）となっている（ただし，連絡事務所については単体構成である)．

ネットワーク対応のカラーレーザープリンタであり，各端末装置からはもちろん，各処理装置からも直接印刷できる．また，処理装置からの出力はポストスクリプト形式が主体であるが，一部の業務端末に導入された仮想OS（Windows XP）からも資料が印刷でき，両面印刷も可能になっている．

さらに，監視サーバからのリモート監視により，トナー切れや紙詰まり等が発生した場合には，監視端末を通じて音声報知し，交換等の作業を促す．

3.5 ネットワーク装置

火山センター内の各装置や各火山センター間をネットワーク的に接続するための装置であり，ネットワーク上に余計なデータが流れないよう，ネットワークをいくつかのセグメントに分けたり，スイッチング機能付きの装置を使用したりしている．

処理装置と端末装置等を接続するセグメントでは，1Gbps で通信可能な L3 スイッチを中心にネットワークを構築しており，端末装置間については L2 スイッチを用いてネットワークを構成している．

EPOS 等との他システムとの接続については，地震火山部のセキュリティポリシーに準拠するよう，L3 スイッチのフィルタリング機能を用いて，最小限のパケットのみを通過させている．

また，ネットワークに接続された装置の時刻校正ができるようタイムサーバ（NTP サーバ）も整備した．既に EPOS については大阪に，REDC については東京に NTP サーバを整備し，地域冗長を考慮して整備・運用されていたことから，VOIS の NTP サーバについては福岡に設置し，東京 REDC の NTP サーバと対になるようにした．

3.6 関連システム

VOIS2 に関連するシステムにはテレメータ装置のほか，全国の気象官署を IP ネットワークで接続する国内基盤通信網（予報部管理），VOIS2 で作成・発信した電文等を関係機関に配信するアデス（予報部管理），各火山で観測する GPS データを収集し基線長解析を行う GPS 補正解析装置（地震火山部管理），火山噴火時の降灰範囲を計算する際に利用する航空路火山灰情報センターシステム（Volcanic Ash Advisory Center System，以下 VAAS，地震火山部管理），気象庁のほか大学や Hi-net の地震波形データを処理する REDC（地震火山部管理）などがある．

さらには，遠望カメラの映像を収集・蓄積する火山遠望観測装置（地震火山部管理），VOIS2 の解析結果やカメラ映像を気象庁ホームページ（以下，気象庁 HP）として掲載する WEB サーバ（地震火山部管理）がある．

3.6.1 国内基盤通信網

全国の気象官署を接続する IP-VPN 網であり，気象庁本庁と各管区気象台等，主要な経路については物理的に異なる通信回線を使用して冗長化が図られている．また，官署によって回線の帯域幅が異なり，鹿児島地方気象台や連絡事務所との通信（特にファイル転送）には若干時間がかかることがある．

行政情報ネットワークとして利用しているほか，アデスや EPOS における基幹ネットワークとしても利用されており，VOIS でも両中枢間や中枢と端末装置間を接続する WAN として利用している．

3.6.2 アデス

気象情報伝送処理システム（アデス）は，東日本アデスと西日本アデスに分かれ，それぞれの処理装置は気象衛星センターと大阪管区気象台に設置されており，気象庁が発表する予警報や各種情報を電文として部外機関に伝達している．

VOIS は，EPOS と同様，両アデスと常時接続し，受信については，東京 VOIS は東日本アデスから，福岡 VOIS は西日本アデスから受信している．東日本アデス障害時は，西日本アデスがバックアップをすることになっているが，EPOS や VOIS では東日本アデスと西日本アデスの両方に常時送信することで，送信先を切り替えることなく継続して警報等の発表・伝達ができる．

なお，VOIS1 では電文送受信を EPOS3 や ETOS2 の機能を使って行っていたが，VOIS2 では直接アデスと行っている．

3.6.3 GPS 補正解析装置

GPS 受信データについて，電離層補正などの補正処理を行い，高精度の座標データ及び 2 点間の基線長や比高データを算出する装置であり，VOIS2 の二中枢化に合わせて，処理装置の設置官署（気象庁本庁と福岡管区気象台）に設置された．

補正処理に用いる GPS 受信データについては，各火山に設置された観測装置の整備年度の違いにより，気象庁本庁及び福岡に整備された GPS 受信装置で

直接収集する場合と，従来通り各火山センターで収集した後に気象庁本庁及び福岡の GPS 受信装置に転送する 2 つのタイプに分かれる．どちらの場合も最終的には全国の GPS 受信データが東京と福岡の GPS 受信装置に転送される．

GPS 補正解析装置では，GPS 受信装置にある全国の GPS 受信データについて，国土地理院で公開されている GPS に関する情報をインターネット経由で入手し，各種補正を自動処理で行っている．補正処理結果については，VOIS で処理できるよう，所定のフォーマットに変換し，VOIS に電子メールを送信している．

3.6.4 VAAS

航空路火山灰情報センターシステム（VAAS）は，火山噴火時の火山灰の拡散状況を把握し，各国の航空機に伝えるためのシステムであり，地震火山部の現業作業室に設置されている．

気象衛星の画像データや国内外からの情報をもとに火山噴火や火山灰の拡散状況を把握し，移流拡散モデルに基づく数値計算を NAPS（スーパーコンピュータシステム）で行って大気中の火山灰の範囲を予測し，航空路火山灰情報（VAA）として関係機関に発表している．

一方，VOIS においても降灰予報を行っており，火山噴火時の噴出物の量と高層風の状況から，地上に降り積もる火山灰（降灰）の範囲を予測し，降灰予報として図情報を発表している．原理的には VAA での仕組みと同等であるが，ごく限られた領域の予測であり，NAPS ではなく VAAS のミニスーパーコンピュータを用いるため，VOIS と VAAS 間をネットワーク接続し，VAAS でプログラムを起動するためのコマンド投入や処理結果のファイル転送を行っている．

3.6.5 REDC

地域地震情報センターデータ処理システム（REDC）は，政府の地震調査推進本部で進めている全国の地震データの一元的な収集と解析を行うためのシステムであり，現行の REDC（2 代目 REDC）から EPOS と同様，二中枢化システムとなった．処理装置については気象庁本庁と大阪管区気象台に，端末装置については気象庁本庁や各管区気象台と沖縄気象台に整備されている．

初代 REDC の整備に前後して，独立行政法人防災科学技術研究所により高感度地震観測網（以下，Hi-net）が全国的に整備されている．火山活動にともなう地震のうち，火口直下の微小地震などは検知できないものの，一定規模以上の地震については Hi-net でも把握することができることから，活火山のうち観測施設が十分でない火山については，REDC で得られた震源データ（以下，一元化震源）を定期的に取得できるよう，VOIS と REDC をネットワークで接続している．

４　ソフトウェア構成

VOIS2 は，クライアントサーバシステムなどの基本的な考え方だけでなく，業務を構成する各処理の区分やその繋がり，さらには H/W への実装方法など，その多くは VOIS1 の考え方を踏襲している．一方，VOIS1 は H/W と S/W を一括調達したものであり，VOIS2 に更新するにあたって，受注業者が日立製作所から日本電気に代わったことから，業務処理用の S/W は作成し直すこととになった．

VOIS1 は，地震火山部で整備してきた EPOS や REDC などの地震津波業務の処理システムを参考にシステムや業務処理プログラムを構成していた．VOIS1 が EPOS や REDC と大きく異なったのは，端末装置で動かしていた検測処理などの会話系のプログラムを会話処理サーバに集約し，シンクライアントとして構築した程度である．台数や処理内容の違いはあれ，EPOS，REDC，VOIS とも業務処理を行う処理装置は，テレメータ装置から受信する観測データを欠落することなくリアルタイムで処理する必要があることから冗長化構成となっており，業務処理についても観測データの受信から地震識別まで，さらには外部媒体への波形データ保存など，一連の処理を遅滞なく行う必要があり，VOIS1 は多くの部分で EPOS や REDC を参考にした．

VOIS2 の S/W を新規で整備するにあたり，受注業

者が EPOS や REDC を 10 年以上手がけてきた業者であり，EPOS や REDC では対応しきれない VOIS 独特の処理については新規作成するものの，VOIS でも十分利用可能なもの（例えば，構成制御や音声報知など）については，EPOS や REDC で実績があるものを採用することにした．

なお，VOIS2 整備では，H/W と S/W を分離して調達することになり，H/W についてはリース契約し，VOIS2 用に新たに作成した S/W については気象庁で自由に改変できるよう買い取ることとなった（受注業者がそれまでに作成していた S/W については，これまでと同様，著作権等は受注業者が有する）．

4.1　全体システム管理

全体システム管理は，VOIS の二中枢システムの管理・運用を行うための機能である（図 7）．

各処理装置や端末装置には，システムの基盤となる共通機能（インフラ）がインストールされており，その機能を使って各種処理プログラムの起動や終了を行うほか，本機能により S/W の異常動作を検知した場合や，ミドルウェアの機能により H/W 障害を検知した場合には，音声等により運用者である現業当番者に報知している．冗長化構成となっている装置で，一方を運転系，他方を待機系として運用している装置については，通常時は運用者が運転系と待機系の切り替えを行っているが，運転系の装置で重大な障害を検知した場合は，待機系から運転系への切り替えを自動的に行う．

4.1.1　構成制御

処理装置や端末装置など OS で稼働する装置については，電源を入れただけでは OS が起動するだけであり，VOIS として動作させるためには各種処理プログラムを起動させる必要があり，そのための仕組みが構成制御である．

構成制御が必要な装置の多くは冗長化構成となっ

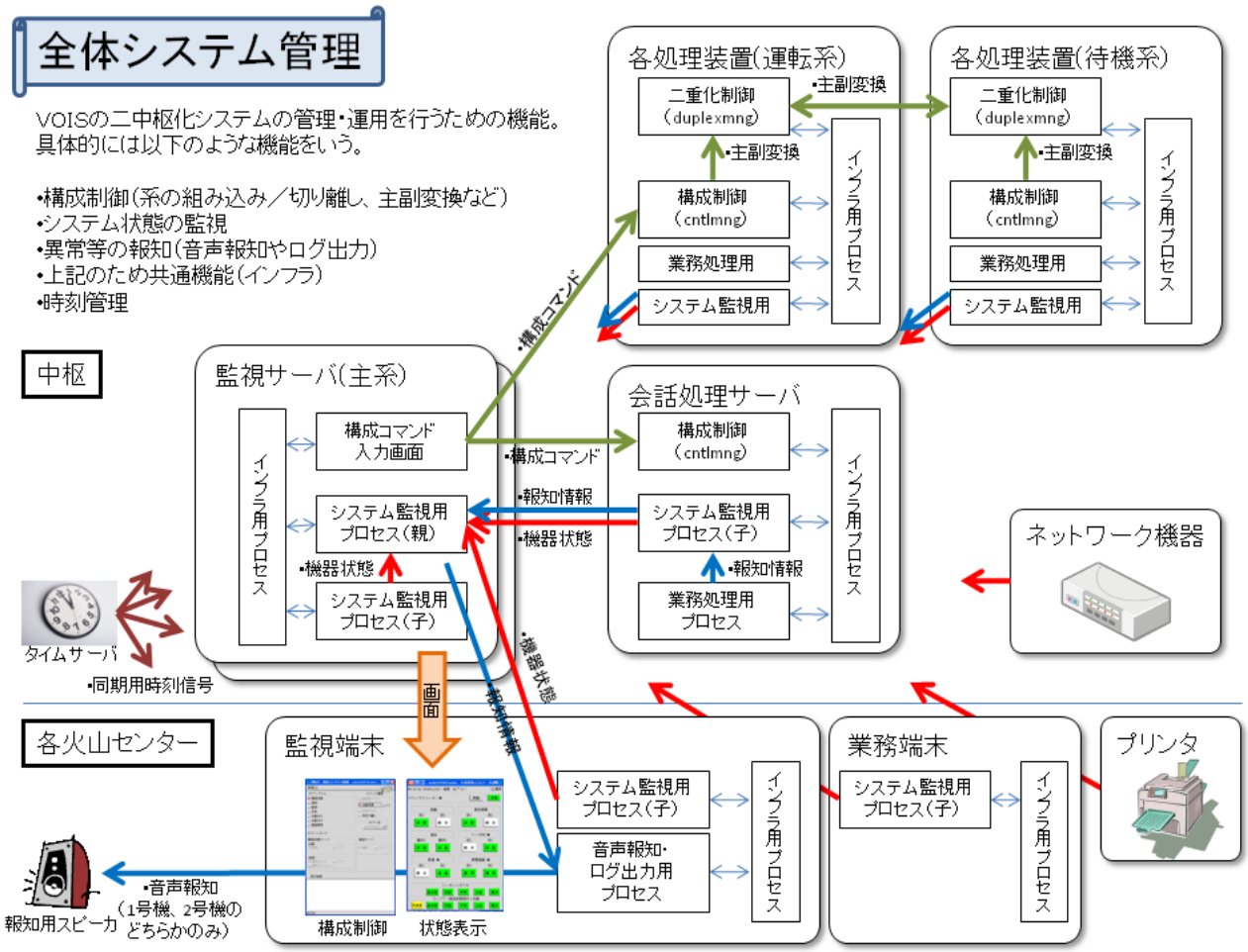

図 7　全体管理システムの関連図

ており，業務処理サーバのように他系と連動して運用するものが多いが，会話処理サーバや業務端末のように他系とは連動せず単体で運用するものもある．他系と連動するものについては，互いに系間監視を行っており，待機系側で運転系の重障害を検知した場合には，待機系から運転系への切り替えを自動的に行い，火山業務処理を遅滞なく継続する．

構成制御では，対象とする各装置の状態を，「停止」（電源断または業務処理用 S/W が停止している状態），「アイドル」（構成制御コマンドを受け付けることが受信できる状態），「遷移中」（アイドルから稼働になるまでの状態），「稼働」（VOIS として動作中の状態，運転または待機の場合がある）に大別できる．また，「遷移中」または「稼働」において重障害が発生した場合には「重障害」となる（図 8）．

専用のユーザ名でログインして「アイドル」状態にした後，構成制御用の画面から「系組み込み」を実行することにより各種処理プログラムを順次起動し，「稼働」状態にする．運転系／待機系で構成される処理装置の場合，待機系として組み込まれ，万一運転系が稼働していない状態であれば，待機系からすぐに運転系に切り替わる．

保守作業等で処理プログラムを停止したい場合は，構成制御用の画面から「系切り離し」を実行し，処理プログラムを順次終了させて「停止」状態にする．運転系の装置については直接「系切り離し」ができないことから，「主副変換」によりいったん当該装置を待機系に切り替えた後に「系切り離し」を行い「停止」状態にする．

なお，「重障害」で停止した場合には原因調査や復旧作業が必要であり，それらの作業前に誤って再稼働させないよう，「重障害クリア」を実行しないと再稼働できない仕組みとなっている．

4.1.2　システム状態の監視

VOIS の稼働状態を常時監視し，異常を検知した場合には速やかに現業当番者に通知し，必要に応じて，系の切り替えや再組み込みを行う等，システムの安定運用を行うための機能である．

OS が稼働する装置については，H/W や OS については汎用のソフトウェア（ミドルウェア）で監視し，処理プログラムについては稼働状況を常時出力する仕組みを組み込み，それらの稼働状況を専用の S/W で監視することで，異常検知を行っている．稼働状態については，各装置の共有メモリに格納されるとともに，監視サーバとの定期的なやりとりにより，監視サーバと情報共有される．また，OS が稼働しない装置についても，監視サーバがネットワーク越しに各装置を監視しており，監視サーバでシステム全体の稼働状況が把握できる．

各装置または監視サーバで異常を検知した場合には，全体システム管理の報知機能を用いて，音声報

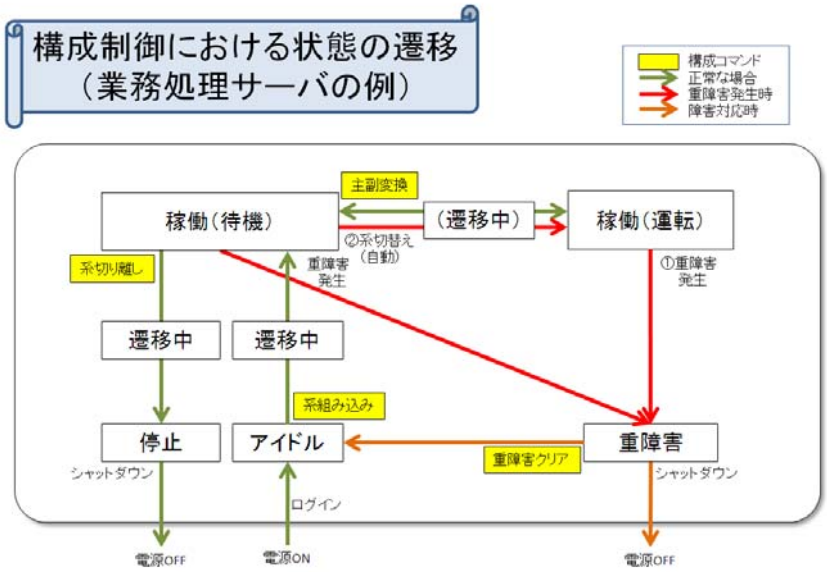

図 8 構成制御における状態の遷移

知を行う．

監視サーバで収集した各装置の稼働状態については，システム表示画面に，表示色を変えて正常動作，軽微な障害，重障害を表示し，一目で正常に稼働しているかどうかが判断できるようにしている．

4.1.3 異常等の報知

システムの稼働状態に異常があった場合のほか，火山業務として行う火山活動監視で異常を検知した場合には，当該火山センターに対して音声報知を行う．システムの稼働状態については当該装置が設置されている火山センターに，火山活動監視については対象となる火山を担当する火山センターに対して音声報知するように設定されている．

火山活動監視については，業務処理サーバでの自動処理結果をもとに異常監視を行い，異常を検知した場合には当該中枢の監視サーバ経由で音声報知等を行っている．業務処理サーバでは，運転系での重障害に備えて，待機系でも自動処理が常時動作しているが，運転系からの報知と重ならないように待機系では異常を検知しても監視サーバに通知しないようにしている．

各火山センターでは，東京または福岡のどちらの中枢と接続するかを指定して監視端末や業務端末を組み込むため，接続した中枢で検知した結果が報知されることになる．システムの稼働状況については東京と福岡で食い違うことはないが，テレメータ装置からの観測データの受信状況や処理パラメータの設定状況によっては，火山活動監視において報知内容が異なる場合があることに注意が必要である．

各火山センターに設置された監視端末は，必ず音声報知がなされるよう，保守作業等による端末装置の停止に備えて冗長化されている．また，現業作業室内であればどこにいても音声報知が聞こえるよう，監視端末に外部スピーカーが接続されているが，いずれの監視端末にも監視サーバから報知内容が通知されるため，外部スピーカーによる音声報知が重複しないよう，監視端末での音声報知については主副構成となっている．

被災するなどして火山業務が継続できなくなった場合には，他の火山センターが監視などの業務を代行することとなっており，東京以外の火山センターの代行は東京火山センターが，東京火山センターの代行は仙台火山センター等が行うこととしている．監視業務を代行するには，代行される火山センターが担当する火山の異常についても代行する火山センターで報知される必要があるため，業務端末から起動する報知用の画面については，対象とする火山センターや火山を任意で選択できるようになっている．火山センターを選択する際には，報知種別として，システム（システムの稼働状態に異常があった場合に報知）とセンター（火山業務として行う火山活動監視で異常を検知した場合に報知）も選択でき，機能消失時だけでなく業務繁忙時の応援時にも利用できる．

4.1.4 インフラ（制御系プロセス，共通関数）

全体システム管理を確実に行うため，構成制御やシステム監視を含む，各種処理プログラム（業務系プロセス）を制御するための基盤的なプログラム（制御系プロセス），及び関連するプログラム間での通信・制御を円滑に行うための共通関数をインフラと呼んでいる．

業務系プロセスを確実に制御できるよう，業務系プロセスに共通関数を組み込むことで，系組み込みや系切り離し時におけるプロセスの制御はもちろんのこと，稼働中においても，ログファイルへの出力レベルを動的に変更することが可能となっている．

VOIS2 の受注業者が EPOS と同じであり，EPOS 等で長年使われてきた仕組みが提案されたため，VOIS2 では新規開発は行わず，EPOS と同じものを導入した．

4.1.5 時刻管理

テレメータ装置から受信する観測データについては観測時刻が付加されたため，従前と比べるとシステムの時刻精度は要求されなくなったが，VOIS2 を構成する装置の多くが内部時計を持つため，装置間で時刻ずれが発生しないよう，GPS からの受信信号を用いて時刻校正を行うタイプのタイムサーバを福

岡に設置し時刻管理を行っている．

タイムサーバは，NTP プロトコルを用いる汎用性の高い装置であり，他のシステムの装置からも利用できる．実際，VOIS2 以外からも参照される代わりに，VOIS2 でも他システムで設置したタイムサーバを参照し，全体として冗長化構成を実現している．

VOIS2 の時刻管理は，ネットワーク負荷や危険分散を考慮して階層的に行っている（図 9）．第 1 階層として両中枢のデータベースサーバがタイムサーバ等を参照して時刻校正を行う．気象庁本庁では東京 REDC と福岡 VOIS のタイムサーバを参照している．セキュリティポリシーとして他システムとは WAN 越しに接続させないため，福岡では福岡のタイムサーバと東京のデータベースサーバを参照している．第 2 階層として各処理装置（札幌，仙台，鹿児島においては監視端末 1 系も）がデータベースサーバを参照して時刻校正を行っている．さらに第 3 階層として，各端末が第 2 階層のオフラインサーバと監視サーバ（または監視端末）1 系を参照して時刻校正を行っている．

各連絡事務所については端末が 1 台しかないので，第 2 階層として，第 1 階層の東京及び福岡のデータベースサーバを参照して時刻校正を行っている．

4.2　自動処理

自動処理では，テレメータ装置から受信する地震計や空振計の観測データをリアルタイムで処理し，火山性地震や微動の発生状況をリアルタイムで監視する．発生状況に異常があった場合には，火山活動状況の確認を促すため，現業当番者に対して全体システム管理の機能を用いた報知を行う（図 10）．

4.2.1　テレメータ受信処理

地震計や空振計の観測データをテレメータ装置から WIN フォーマットで受信し，フォーマットや観測時刻に異常がないことを確認後，後段の各処理からも高速にアクセスできるよう，観測データを共有メモリに書き込んでいる．

WIN フォーマットのデータは圧縮によりデータサイズが小さくなっており，伝送上の利便性が高い半面，データを利用する場合にはその都度伸長する

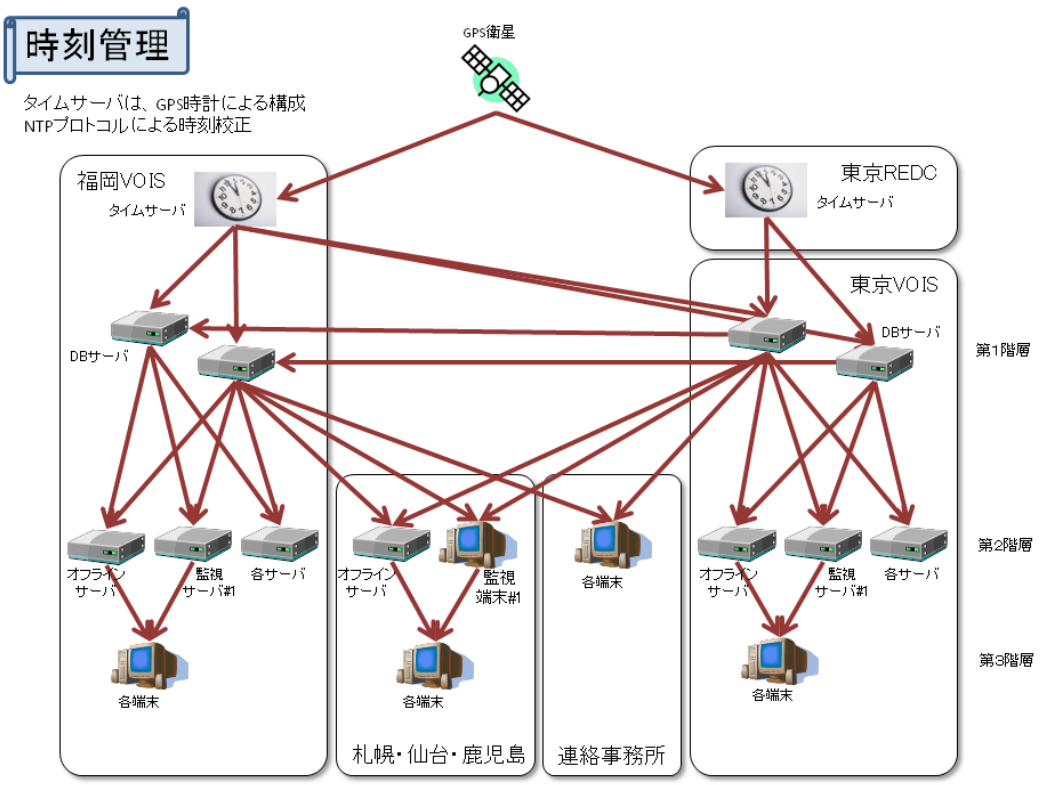

図 9 時刻管理での時刻校正のフロー

必要がある．自動処理の対象データについては，後段の各処理が毎回伸長するのを避けるため，伸長したデータを共有メモリに保存している．

他方，最終的に外部媒体に永久保存するデータについては，効率の点から WIN フォーマットで保存するため，上記の伸長したデータとは別に WIN フォーマットのまま共有メモリに格納し，一定時間後にディスク装置に転送され，最終的には外部媒体へ保存される．

ここでは，自動処理として使用される伸長したデータと主にデータ保存用として圧縮したままのデータとを区別するため，前者を自動系データ（awv）と呼び，後者を収録系データ（rwv）と呼ぶことにする．

テレメータ装置から受信した観測データを受信バッファに書き込むまでは共通だが，書き込んだ後は自動系データと収録系データに分けられてそれぞれ処理される．

4.2.1.1 テレメータ装置との接続

テレメータ装置には，データ受信装置（主副の冗長化構成）と配信装置（複数台による冗長化構成）で構成されており，VOIS には配信装置から観測データが送信される．自動処理のテレメータ受信処理や地殻業務処理の同機能はともに業務処理サーバで動作するため，業務処理サーバと配信装置間を 100Mbps の LAN ケーブルで接続している．配信装置では送信用プロセスが VOIS からの接続待ちで複数起動され，通常時は業務処理サーバ 1 系から配信装置 1 系に接続する（同様に業務処理サーバ 2 系は配信装置 2 系に接続する）．

業務処理サーバからの接続時にエラーとなったり，接続中にデータ受信ができなくなったりした場合は，他系の配信装置との接続を試み，接続できた場合にはそのまま他系の配信装置からの受信に切り替わる（接続先が同系の配信装置でない場合は，システム状態監視画面でテレメータ装置が軽故障として表示される）．

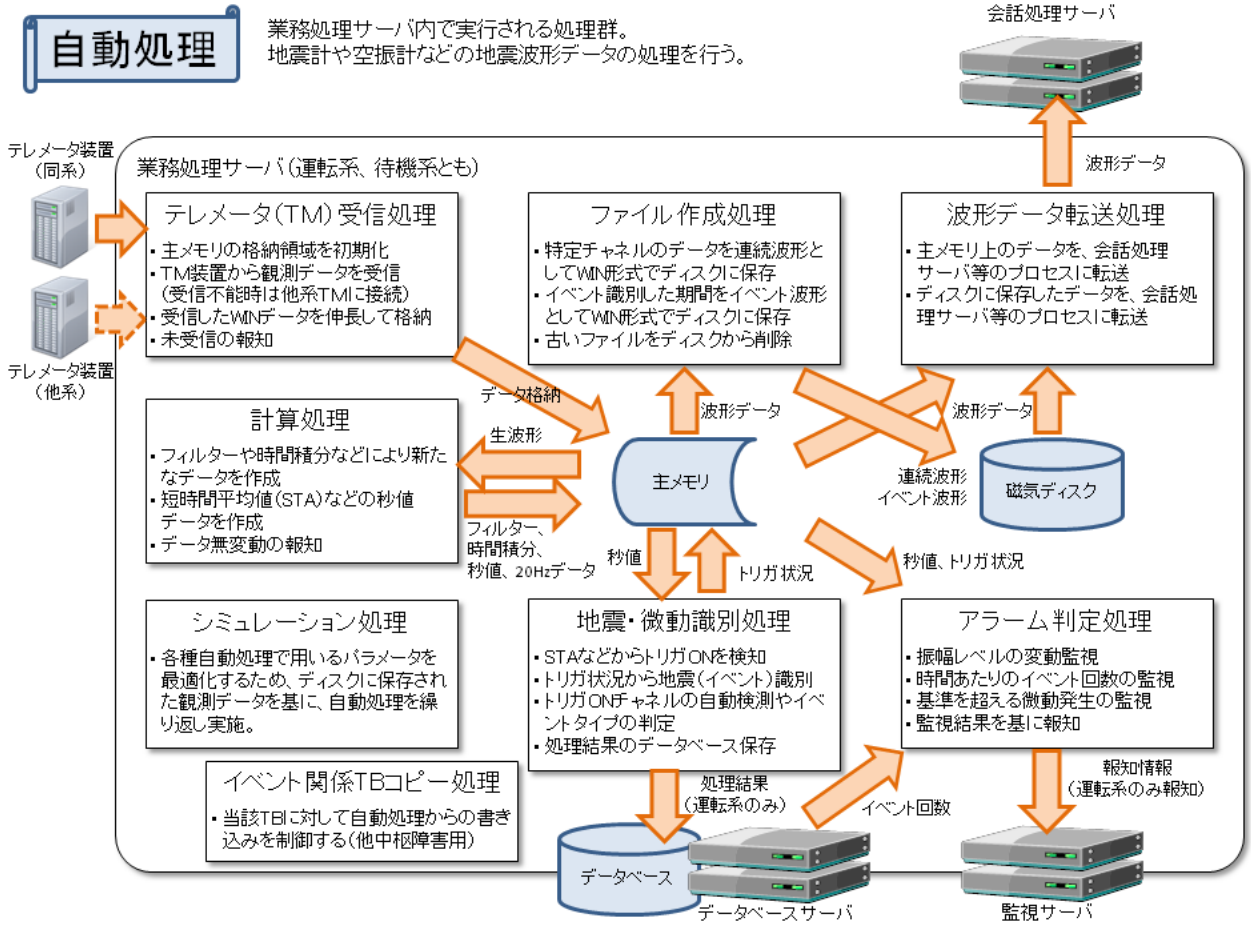

図 10 自動処理での関連図

なお，同系の配信装置が復旧しても，切り戻しは自動で行われないため，手動で行う必要がある．

4.2.1.2 自動系データ（awv）の処理

自動処理の主たる目的が，リアルタイム監視であることから，一定時間内に受信できるデータをその対象とし,それ以上遅れて受信したものについては,収録系データとして保存し，会話処理等で利用することにしている．データによっては，通常は間に合っていても遅れて受信したり，過去のデータを受信したりする場合がたまにあるが，一定時間待っても受信できなかった場合は欠測として報知するとともに,秒値作成処理等の後段の処理を継続する.また,過去のデータを受信した場合は無視するようになっている．

受信したWINフォーマットのデータを伸長し,自動系データとして共有メモリに保存する．なお，VOIS1と同様，観測時刻について一定時間を加減算する時刻補正機能を有しているが，GPS時計を使った観測時刻を現地で付与しているため，現時点でこの機能は活用していない．

4.2.1.3 収録系データ（rwv）の処理

収録系データについては，データ保存が主目的になることから，一定時間内に受信できなかったデータであっても，遅れて受信できた場合には，できる限り保存するようにしている．

多少の遅延や受信の前後で観測時刻が逆転したデータであっても対応できるよう，共有メモリをバッファとして使用するが,受信データがWINフォーマットの可変長データであるため，観測データについては受信時刻順に共有メモリに書き込む代わりに,書き込んだ共有メモリのアドレスをインデックスとしてチャネル･時刻順に並べて保存しておくことで,共有メモリを効率よく利用している．

観測データについては受信時刻が最古のものに,インデックスについては観測時刻が最古のものにそれぞれ最新のデータを上書きする形（サイクリック形式）で共有メモリを使用している．時間が経てば最新のデータで上書きされて消えてしまうため，一定時間以上古いデータについては，ディスク装置に退避している．受信したデータの観測時刻が多少古くても，ディスク装置へ退避する前であれば，共有メモリに書き込まれた観測データは，他のデータとともにディスク装置に退避される（日別・チャネルごと，時刻順に出力)．

ディスク装置に退避後の時刻よりも古いデータを受信した場合は，共有メモリには書き込まず，特定のディレクトリに遅延データとして保存する．自動処理により当日中は毎分正規データがディスク装置に追加出力されるため，追加出力されなくなる翌日以降に，自動または手動により，正規データと別途保存された遅延データとをマージし，時刻順にソート後に正規データと置き換えて保存する．

4.2.2 計算処理

自動系データについて，地震・微動識別を行うための前処理として，各種計算処理を行う．

なお，100Hzや20HzのデータをSP（Short Period）データと呼ぶのに対して，秒値作成処理で作成した1Hzの秒値をLP（Long Period）と呼び，別々のプログラムで表示している．

4.2.2.1 フィルター処理

観測データに対して,時間的に微分･積分したり,バンドパス等のフィルターをかけたりする処理であり，微分・積分とフィルターは独立して行うことができる．

微分・積分処理では，例えば変位型地震計の波形データを1階微分して速度型の波形データに変換したり，加速度型地震計の波形データを2階積分して変位型の波形データに変換したりすることができる．

フィルター処理では,ローパスフィルター（LPF),ハイパスフィルター（HPF),バンドパスフィルター（BPF）を選択し，それぞれ周波数を指定してフィルターをかけることができる．

なお，フィルター処理では，新しいチャネル番号を割り振ることにより，元データだけでなく処理結果（フィルターデータ）についても，秒値作成などの処理が可能である．

4.2.2.2 秒値作成処理

秒値作成処理では，チャネルごとに以下のデータを毎秒作成し，共有メモリに保存する．

単純平均：

1秒間の個々のデータの平均値．

100Hz の場合は，100 個のデータの合計を個数（100）で割ったものであり，オフセットの算出に用いる．

オフセット：

単純平均を漸化式により時間的に平滑化したもの．

地震計の波形データの振動の中心は，理想的には±0 であるが，実際にはいくらかでもオフセットがかかっている．正確な振動の大きさ（振幅）を算出するために必要な値であり，絶対値平均の算出に用いる．なお，地震動などによる短時間の変動を抑えるため，単純平均を時間的に平滑化している．

絶対値平均：

1 秒間の個々のデータについて，オフセットとの差を絶対値でとり，平均したもの．

STA の算出に用いるほか，レベルトリガーとして地震の発生を検知するためにも用いる．

二乗平均：

1 秒間の個々のデータについて，オフセットからの差の二乗をとり，平均したもの．

地震動の大きさとして算出し，LP モニタ等での監視対象の一つである．

レベルクロス秒値：

1 秒間のデータのうち，一定の値を交差する（オフセット＋α からオフセットーα に，またはオフセットーα からオフセット＋α に変化する）回数．

振動回数として算出し，LP モニタ等での監視対象の一つである．

STA（Short Term Average）：

絶対値平均を漸化式により時間的に平滑化したもの（通常，1～3 秒程度）．

振幅の短時間平均値として算出し，LTA と組み合わせて短時間レシオトリガーを算出し，地震の発生を検知する．

LTA（Long Term Average）：

絶対値平均を漸化式により STA よりも長い時間幅で平滑化したもの（通常，30 秒～1 分程度）．

振幅の長時間平均値として算出し，STA と組み合わせて短時間レシオトリガーを，または LLTA と組み合わせて長時間レシオトリガーを算出し，地震または微動の発生を検知する．

LLTA（Long LTA）：

絶対値平均を漸化式により LTA よりも長い時間幅で平滑化したもの（通常，1 分～10 分程度）．

LTA よりも長時間の平均値として算出し，LTA と組み合わせて長時間レシオトリガーを算出し，微動発生を検知する．

最大振幅秒値，周期秒値：

最大振幅として，最大値と最小値の差を秒単位で保持する．また，周期秒値として，最大振幅として保持した最大値と最小値の時刻差を保持する．なお，レベルクロス時に最大値または最小値をリセットする．

自動処理や会話検測における最大振幅の自動検測では，地震または微動の発生時間内で最大となる最大振幅秒値を最大振幅に，当該時刻の周期秒値を最大振幅の周期として算出している．

また，秒値作成処理においては，個々の観測データを扱っていることから，振り切れ判定やデータ無変動判定も行っている．振り切れ判定では，算出したオフセットが一定値を超えるまたは下回った場合に，センサーが片方向に偏っていると判断し，振り切れを報知する．無変動判定では，毎秒の波形データの変動幅（最大値－最小値）が一定値を下回った場合に，センサーまたは伝送上の障害が発生したと判断し，無変動を報知する．

4.2.2.3　20Hz 波形作成処理

テレメータ装置から受信した生波形データ及びフィルター処理された波形データ（ともに 100Hz データ）のうち，パラメータで指定した任意のチャネルについて，5 サンプルずつ平均をとって 20Hz データを作成する．

新たに生成したフィルターデータを最小限の容量で保存するために VOIS1 から有する機能であるが，VOIS2 での共有メモリやディスク装置などの大容量化に伴い，利用価値は低くなっている．

4.2.3　地震・微動識別処理

計算処理の結果をもとに，チャネルごとに地震や

微動発生の状態（トリガー状態）を常時監視し，複数地点で同時刻にトリガーが ON になったかどうかで，地震を検知する．

検知した地震について，イベントタイプの判定や P 相や最大振幅などの自動検測を行い，それらの処理結果を DB に登録する．

4.2.3.1 チャネルトリガー判定処理

秒値作成処理において算出された絶対値平均，STA，LTA，LLTA を用いて，チャネルごとにトリガー判定を行う．

トリガー判定には，振幅の値そのもの（絶対値平均）が閾値を超えたかどうかで判断するレベルトリガー，直前の振幅との比率（STA/LTA）が閾値を超えたかどうかで判断する短時間レシオトリガー，より平均時間の長い振幅の比率（LTA/LLTA）が閾値を超えたかどうかで判断する長時間レシオトリガーの 3 種類があり，前の 2 つについては地震検知で，最後の 1 つについては微動検知で用いている．

振幅については，ノイズ等により瞬間的に大きくなる場合があるが，このような場合でも地震や微動として誤検知しないよう，各方法とも閾値を超えた時点ですぐにトリガーON とは判定せず，超えた状態が一定時間継続した場合にトリガーON と判定している．

トリガーOFF については，ON とは別の閾値（ON と同じかより小さい値）を下回ったかどうかで判定し，こちらの方は下回った時点ですぐに OFF と判定している．短時間レシオトリガーでは，STA と LTA の比率（STA/LTA）の変動を監視して ON/OFF の判定を行うが，地震発生時は STA ともに LTA も増大してしまい，検知直前の振幅に下がるまでにトリガーOFF となってしまう．そのため，トリガーOFF 判定に使う LTA は，トリガーON 時の LTA の値を用いる．

トリガーON の時刻は，閾値を最初に超えた時刻を設定している．トリガーOFF の時刻については，遡る必要がないので，OFF と判定した時刻を設定している．

一定時間が経過してもトリガーOFF とならない場合は，強制的にトリガーOFF としている．

4.2.3.2 イベント判定処理

VOIS では地震や微動をイベントと呼んでいる．地震や微動の発生を検知するイベント判定処理では，対象とする火山周辺に配置された観測点のデータに限定して処理を行えば良く，イベント判定以降の各処理では，複数の観測点から構成される観測ネット（以下，ネット）を単位として行う．

霧島山の新燃岳や御鉢のように，1 つの活火山であっても，監視対象が複数に分かれている場合には，ネットも複数に分ける必要がある．また，観測点によっては隣接する火山の観測点としても活用される場合があり，これらの場合には，同一の観測点が複数のネットに含まれることがある．

イベント判定のうち，地震発生の判定についてはレベルトリガー及び短時間レシオトリガーの結果を用いて行い，微動発生の判定については長時間レシオトリガーの結果を用いて行う．

地震判定，微動判定ともに，同一時刻でのトリガーON 点数を集計し，閾値を超えた場合にイベントが発生したと判定するが，観測点ごとに重み付けができ，トリガーON の観測点数が足りなくても，重み付けされた観測点がトリガーON であればイベントが発生したと判断できる仕組みとなっている．

対象とする火山付近で発生した地震でなくても，地震の規模が大きければネット内の観測点でトリガーON となるため，イベントとして成立する．火山付近で発生した地震と区別できるよう，ネットから離れた観測点でのトリガー状態をチェックし，その観測点でもトリガーON であれば，「遠地地震」と判定し，DB に登録している．

イベント判定処理では，識別子であるイベント ID を付して，ネット番号，イベントの期間（開始時刻，終了時刻）及びイベントタイプを共有メモリに書き込み，後段の処理が DB に登録している．

4.2.3.3 自動検測処理

自動検測処理は定期的に起動され，未検測状態のイベントに対して，P 相，S 相，最大振幅及び周期を検測する．また，イベントタイプの判定も行い，処理結果である検測値や判定結果をファイルに出力する．

4.2.3.4 DB 登録処理

自動処理結果はデータベースサーバに構築された DB に保存されるが, DB にアクセスできなかったり, 時間がかかったりした場合でも，自動処理に影響が出ないよう，DB への登録は別処理となっている．

自動処理は業務処理サーバで動作するが，業務処理サーバは冗長化(主副の二重化)されているため，そのままでは処理結果が重複して保存することになる. DB 登録処理は, 運転系のみ DB への登録を行い，待機系においては DB への登録は行わない．

4.2.4 アラーム判定処理

自動処理結果をもとに，異常が発生していないかを常時監視し，異常を検知した場合には全体システム管理の機能を用いて報知を行う．

レベルアラーム判定：

STA の変動を監視し，閾値を越えた場合に報知する．

ただし，遠地地震による報知を避けるため，参照チャネルの最大振幅秒値との比率が一定値以上であれば報知し，達していなければログ出力のみ．

イベント回数アラーム判定：

DB に登録されたイベント数をカウントし，指定した時間内のイベント数が閾値を越えた場合に報知する．

微動アラーム判定：

LTA と LLTA の比率が閾値を越えた場合に報知する．

ただし，レベルアラーム判定と同様，参照チャネルの最大振幅秒値との比率が一定値以上である場合は報知し，達していない場合はログ出力のみ．

即時アラーム：

最大振幅秒値を参照し，閾値を越えた場合に報知する．

自動回数カウントアラーム：

自動回数カウント処理により，DB に登録されたイベントの発生時刻を参照し，指定した時間内のイベント数が閾値を越えた場合に報知する．

4.2.5 ファイル作成処理

共有メモリ上の自動処理で利用または生成した波形データはサイクリック形式（最新のデータで上書きされる）であるため，共有メモリから消滅する前に，ディスク装置に保存する必要がある．ディスク装置には WIN フォーマットで保存するが, その都度作成する WIN のチャネルパラメータと合わせて保存している．

連続波形ファイルについては，指定されたチャネルについて，期間を特定することなく，ディスク装置に WIN フォーマットで連続的に保存している．

イベント波形ファイルについては，イベント成立したデータについて，期間分を抜き出して，ディスク装置に WIN フォーマットで保存している．

ディスク装置の連続波形ファイル及びイベント波形ファイルのうち，一定期間が経過したものについては，古いものから日単位で削除し，ディスク装置を圧迫しないようにしている．

4.2.6 波形データ転送処理

共有メモリ上の波形データやディスク装置に保存した波形データについては，会話処理サーバやオフラインサーバなど，業務処理サーバ以外の処理装置からも参照できるようにしている．

指定されたチャネル・期間の自動系データを要求元に転送するが，共有メモリとディスク装置で自動系データの保存形式が異なることから，共有メモリについてはリアルタイム波形転送処理を，ディスク装置については非リアルタイム波形転送処理を使って，要求元に転送している．

4.2.7 イベント関係 TB コピー処理

データベースサーバの共有ディスクに DB が構築されており，観測点情報などのパラメータが参照される一方，処理結果については TB に書き込まれて保存される．イベント関係の TB については，東京中枢用 TB（以下，東京 TB）と福岡中枢用 TB（以下，福岡 TB）が両中枢の DB に用意されている．会話処理結果のうち，東京火山センターが管轄するネットについては東京 TB に，他のネットについては福岡 TB に保管される（図 11）．

どちらかの中枢が被災した場合には，残りの中枢で業務を継続する必要があるため，TB にデータが

書き込まれた場合には，他方の中枢の TB にも同じ内容の書き込みが行われる仕組み（レプリケーション）となっている．通常，東京火山センターは東京中枢で，他の火山センターは福岡中枢で火山業務を行っており，会話処理においては二重に書き込むことはないが，自動処理においても二重に書き込むことがないように，東京中枢からは東京 TB のみに，福岡中枢からは福岡 TB のみに書き込むように制御している．

仮に東京中枢が被災した場合は，福岡中枢を使って東京火山センターの処理を継続する必要があるが，福岡中枢で全国の火山について自動処理を行っていても，通常時の設定では東京 TB に書き込みを行わない．中枢機能消失時には，レプリケーション機能を停止するとともに，イベント関係 TB コピー有効化処理を実行し，自動処理結果を他中枢用の TB にも書き込みを行うように設定変更する．

なお，中枢機能が復活した場合には，イベント関係 TB コピー無効化処理を実行し，他中枢用 TB への書き込みを停止するとともに，自動処理結果が二重書きされないように停止していたレプリケーション機能を再開する．

4.2.8　シミュレーション処理

自動処理については，用いるパラメータによって処理結果が大きく異なるため，最適なパラメータを把握しておく必要があり，シミュレーション処理をパラメータのチューニングツールとして利用できる．

実環境での自動処理は，業務処理サーバで動作し，テレメータ装置から受信する観測データを使って，全チャネルがリアルタイムで処理される．一方，シミュレーション処理は，オフラインサーバで動作し，業務処理サーバや外部媒体に保存されている自動系データ（awv）または収録系データ（rwv）をもとに処理を行う．全チャネルを一度に処理するにはリソースが不足するため，チャネル数を絞る必要がある．また，CPU 等の負荷状況によっては終了までに時間がかかる場合があるなど，実環境と比べるとさまざまな制限がある．

シミュレーション処理は専用のパラメータを使用して行うが，実環境で使用しているパラメータをコピーしてから行うことができる．チューニング後のパラメータは，パラメータ管理処理の機能を使うことにより，簡単に実環境に反映することができる．

シミュレーション対象の項目は以下の通り．

・チャネルトリガー判定

・イベント判定

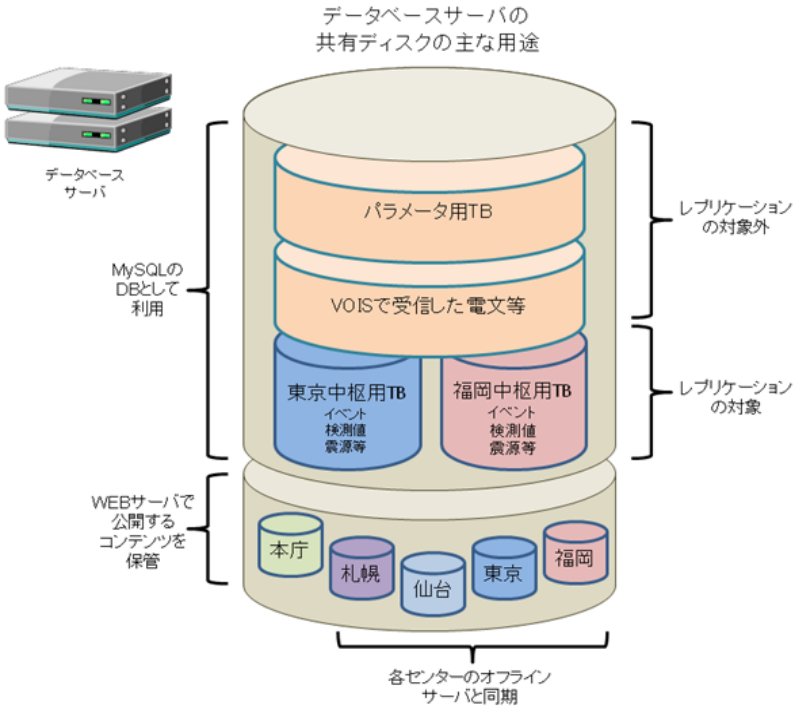

図 11 データベースサーバの共有ディスクの主な用途

・自動検測（相検測，最大振幅検測）
・イベントタイプ判定
・微動アラーム判定
・レベルアラーム判定

4.3　会話処理

観測データと自動処理結果をもとに，火山活動の監視や解析を現業当番者等が行うための処理である（図 12）．

業務処理サーバのディスク装置には波形データ（自動系データと収録系データ）が保存されており，データベースサーバの DB の各中枢用 TB にはイベント関係の処理結果が保存されている．会話処理では，これらのデータをネットワーク越しに参照して監視や解析を行い，その処理結果は DB に保存する．そのため，原理的にはどの装置でも実行可能ではあるが，基本として会話処理サーバで動作させることとし，最低限の監視機能として，観測データをリアルタイムで表示するモニタについては波形データが保存されている業務処理サーバでも動作させることができるようにしている．また，各火山センターが開発したツールや，シミュレーション処理のように火山センター独自で実施するものについては，オフラインサーバでも動作できるようにしている．

4.3.1　基本機能

会話処理での基本機能として，以下のようなものがある．

複数起動：

各官署の端末装置から会話処理サーバに接続して当該処理を起動するため，同一の処理が複数起動できるようにしているが，会話処理のうち必要な処理については，インフラ（4.1.4 小節参照）の機能を使って起動や終了を制御するため，同時に起動できる数には制限を設けている．

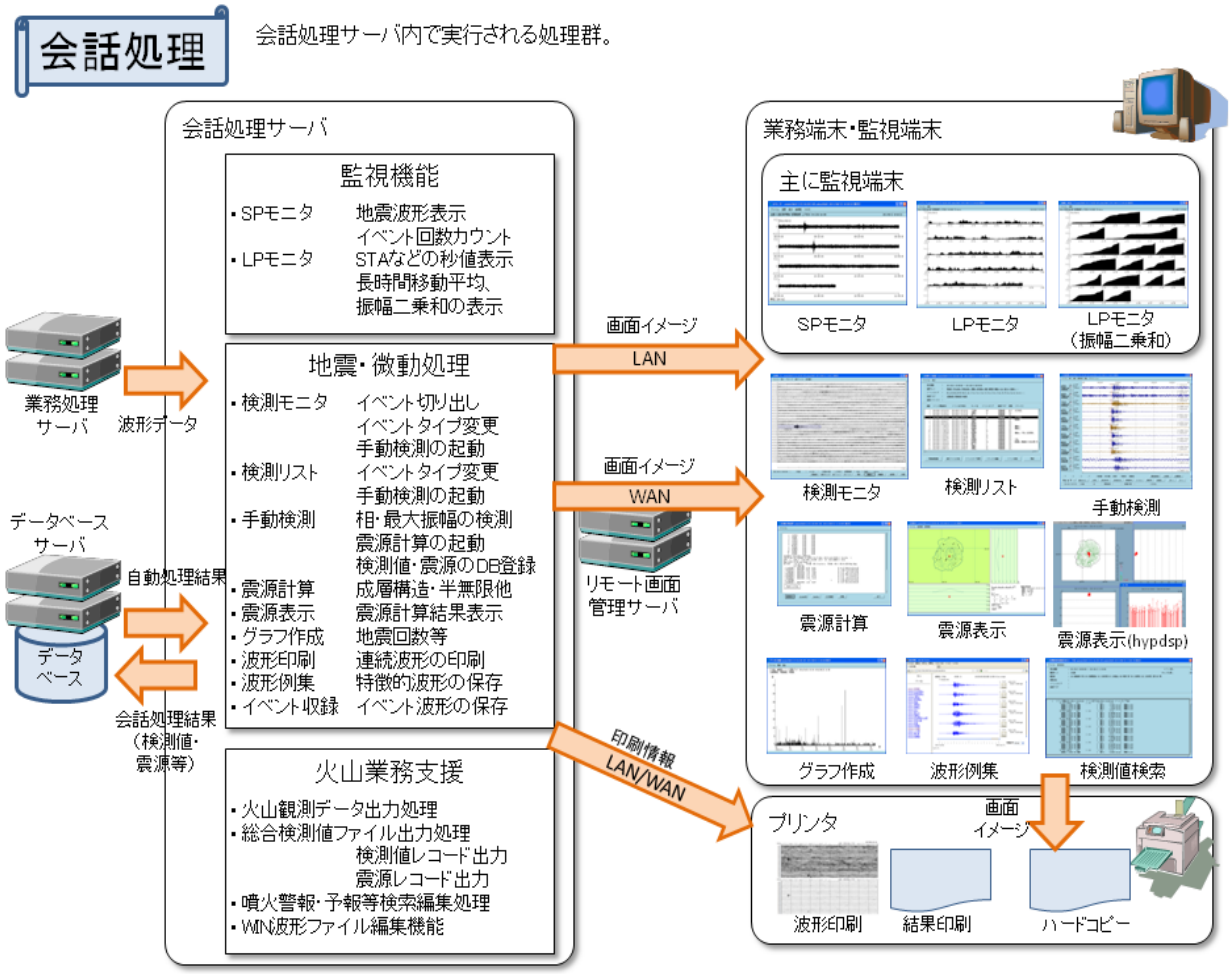

図 12　会話処理での関連図

印刷処理：

起動した画面を表示する端末装置やプリンタは各官署に設置されているため，印刷先として表示した画面に最も近いプリンタがデフォルトとなるよう，また別途指定することにより任意のプリンタにも印刷できるようにしている．

ディスプレイ表示：

会話処理では，1 台の端末装置に，起動元の処理装置が異なる画面を混在させて表示することができる．そのため，画面ごとに処理装置等の区別ができるよう，起動元処理装置名，表示先端末名（ディスプレイ名）及び起動時刻について，画面の枠に表示している．

また，表示した画面については，端末装置のメニューからハードコピーを印刷したり，ファイルにダンプ出力したりすることができる．

処理速度：

処理によっては，処理結果の出力までに時間がかかる場合があり，プログレスバー（進捗状況の表示）を表示するなどして，正常に動作していることを表示させる．

業務メニュー：

各処理を起動するためのメニュー画面であり，起動元となる処理装置単位でメニュー化されている．そのため，起動元を変更したい場合には，当該処理装置の業務メニューを起動する必要がある．

起動する処理によっては，センターを指定して起動する必要があり，特に業務代行の場合は，メニューバーの「センター選択」で被代行官署を選択してから業務メニューを再起動しておく必要がある．

波形取得先の明示：

SP モニタ表示などでは，業務処理サーバから波形データを取得して画面表示を行うが，保守作業等で系切り離しを行った期間の波形データは保存されていないため，他系の波形データで補完することで切れ目なく表示したい場合には「マスタ」を指定する必要がある．

なお，取得先の処理装置の違いだけでなく，波形データには自動系と収録系の違いもあることから，波形取得先では，「自動系マスタ」「自動系（1 系）」「自動系（2 系）」「収録系マスタ」「収録系（1 系）」「収録系（2 系）」「イベント波形保存領域」「外部媒体保存」「指定ディレクトリ」から選択する．

4.3.2 火山業務総合監視機能

波形データ及び秒値処理結果の監視機能として，短周期成分（SP）波形モニタと長周期成分（LP）波形モニタの画面がある．なお，長時間移動平均モニタ機能と振幅二乗和モニタ機能については，LP 波形モニタ画面に機能を集約している．

両画面とも，表示チャネル，開始時刻，表示期間（1 行あたりの時間と行数）を設定し，波形データ（SP）または秒値（LP）を表示する．

過去データを指定した場合は，データ表示後に画面は停止する．未来時刻までを設定した場合は，まず現在時刻までのデータを表示した後，残りのデータがリアルタイムで追加表示される．指定期間の最後のデータが表示されると画面が 1 行分スクロールし，その後も最新データが追加表示され続ける．

4.3.3 地震・微動処理機能

自動処理の処理結果をチェックし，必要に応じて，イベントの削除やイベントタイプの変更，イベントの追加を会話的に行う．

自動処理では，チャネルトリガー判定やイベント判定等により，地震や微動（以下，イベント）の発生を検知し，イベントタイプの判定や自動検測を行っているが，会話処理では，目視によりイベントの有無をチェックし，自動処理結果に誤りがあった場合には修正または削除し，また自動処理結果に漏れがあった場合には，イベントの追加等の作業を行う．

特記しない限り，各処理は業務メニューから起動される．

4.3.3.1 検測モニタ機能

波形データを自動処理結果（イベントの開始，終了時刻及びイベントタイプ）とともに表示し，自動処理結果をチェックする．

自動処理結果に誤りがあった場合は，イベントタイプを修正したりイベント自体を削除したりし，処理結果を DB に上書き登録する．イベントを削除しても DB 上のイベントはフラグが自動を表す「A」から削除を表す「D」に変更されるだけで，DB から

は消去されない．自動処理が検知できなかったイベントについては,手動によりイベントを切り出す(開始時刻と終了時刻，イベントタイプを DB に登録)．

検測モニタ画面に表示されている波形データだけでは判断しづらい場合には,「波形チェック」で周辺観測点の波形データを一覧表示し，ノイズかどうかなどを判断する．

検測作業や震源計算を行う場合には，当該イベントを指定した後,「手動検測」により手動検測を起動する．

4.3.3.2　検測リスト機能

期間やイベントタイプなどの検索条件をもとに DB から該当するイベントを検索し，検索結果を画面に表示する．主に再検測を行う場合に用いる．

検索したイベントについて，検測モニタと同様，イベント削除や修正，手動検測の起動ができるが，リマークス（注釈）の修正は検測リストのみ可能である．

また，指定したイベントについて，任意のディレクトリにイベント波形ファイルとして保存することができる．

検索項目：

イベント時刻（開始時刻，終了時刻），ネット名，イベントタイプ，検測フラグ（自動／手動／未検測の別），震源の有無，リマークス

4.3.3.3　手動検測機能

各観測点の P 相（初動），S 相（主要動），X 相（成因が不明のもの），F 相（振動の終わり）の各時刻及び各成分の最大振幅と周期を検測し,検測結果を DB に保存する．

検測モニタまたは検測リストから，検測対象のイベントを指定して起動する．指定されたイベントからネット名と開始・終了時刻を取り出し，事前に設定された観測点について，その時間幅の波形データを画面に表示する．

自動検測または手動検測の結果が DB に保存されている場合は，画面上に数値で表示するほか，相時刻については相ごとに表示色を変えて当該時刻を縦線で示す．

表示する波形データについて，より正確な相検則ができるように，振幅の拡大縮小や時間軸の拡大縮小のほか，時間積分による変位型への変換や各種フィルターをかけることができる．また，最大振幅と周期については，当該部分が含まれる範囲をドラッグすることで自動検測され，作業量の軽減を図っている．

イベントとして切り出した時間幅では短い場合は,波形追加を行うことでイベントの時間幅を拡大することができる．

リマークスについては，任意の文字列が登録できるが，ネットごとに書式が決められている場合がある．

検測結果やリマークスについては，手動検測を終了したり,前後のイベントに移行したりする前に DB に登録する．検測作業に続いて震源計算を行う場合は，震源計算を DB に登録する際に検測値やリマークスを同時に登録することができる．

4.3.3.4　震源計算機能

手動検測画面から起動される．検測値をもとに震源要素（地震の発生時刻，震源位置，地震の規模（マグニチュード)）を算出する．計算手法には，地震データ用の半無限型と成層構造型，空振データ用の空振源型の 3 種類がある．構造探査等で火山周辺の地震波の速度分布が分かっている場合は成層構造型での震源計算が可能であるが，そうでない場合は均質な構造を仮定した半無限型で震源計算を行う．空振計データについては空振源型を使い，どのあたりで火山噴火が発生したかを推定する．

計算結果は，震源計算結果画面に表示され，プリンタに出力したり地図上にプロットしたりでき，計算結果の妥当性を確認することができる．

計算結果が適切であれば，検測値とともに震源を DB に保存するが，震源が決まらない場合や不適切だと判断した場合には，検測値だけを DB に登録する．

4.3.3.5　震源表示機能（計算結果を表示）

震源計算結果画面から起動される．

震央図のほか，東西と南北の断面図が表示され，当該地震が山体のどのあたりで発生したかを確認できる．また，指定により地図上に震源計算に使用した観測点の O-C 円（観測点を中心にした震央までの距離を示す円）を表示することができ，円が交差す

る場所が集中しているかどうかで震源計算の精度が判断できる．

4.3.3.6 グラフ作成機能

DB に保存されたイベント関係のデータをもとにグラフを作成し，画面に表示する．

表示するグラフの種類は以下の通り．

イベント回数（時間別，日別，月別）
最大振幅（時系列グラフ，頻度分布グラフ）
周期（時系列グラフ，頻度分布グラフ）
S-P 時間（時系列グラフ，頻度分布グラフ）
微動継続時間（時系列グラフ）
P 差時系列グラフ
振幅比グラフ

表示形式には棒グラフのほか，折れ線グラフ，シンボルでの表示ができ，頻度または積算が選択できる．

4.3.3.7 波形印刷機能

特定の観測点の波形データについて，連続波形として当該火山センターのプリンタに印刷出力する．

1 枚の用紙には，最大 3 チャネル分の波形データが印刷できる．また，表示期間については，SP モニタや LP モニタと同様，1 行あたりの時間幅と行数を任意で指定できるが，見やすさを考え，1 チャネルの場合は 480 分間（最長でも 720 分間），2 チャネルの場合は 480 分間，3 チャネルの場合は 180 分間で設定している．

各会話処理サーバに波形印刷機能を管理するプログラムが常駐し，設定ファイルの内容に応じて，印刷用プログラムをその都度起動している．波形印刷は，観測データをそのまま印刷するので中枢間の違いはなくどの処理装置でも動作可能であるが，定時に起動が集中すること，長時間の波形を印刷するため時間がかかることから，負荷分散を図ることとし，全会話処理サーバには共通の設定ファイルをおき，実際に印刷処理を行うのは 4 台中 1 台のみ負荷分散を考慮して設定している．

なお，プリンタへの印刷出力の中間段階としてポストスクリプト（PS）形式の画像ファイルを作成しており，このファイルを JPEG 形式や PDF 形式に変換することにより，WEB に掲載するなど二次利用している．

4.3.3.8 波形例集表示処理機能

特徴的な波形データについては，参考データとしていつでも表示できるよう，波形例集として保存しており，必要に応じてブラウザで表示する．

手動検測画面において，波形例作成を行うことにより，表示中の波形データと感度等のパラメータを，当該火山を管轄する火山センターのオフラインサーバに保存する．

ブラウザを起動し，波形例集用の URL を指定することにより，波形例集が表示される．

4.3.3.9 イベント収録処理

自動系データのうちイベント波形データについては，会話処理サーバから直接アクセスできるディレクトリに退避させ，手動検測等での利便性を向上させている．

4.3.4 火山業務支援機能

現業当番者等によるルーチン的な作業を支援するための機能であり，以下のような主に DB に保存された処理結果を出力する機能である．

火山観測データ出力：
DB に保存されているイベント関係のデータを検索し，画面に出力する機能．

総合検測値ファイル作成：
DB に保存されているイベント関係のデータをもとに，REDC で使われる総合検測値ファイル形式でファイル出力する機能．

噴火警報・予報等検測編集：
DB に保存されている情報発表した電文について，キーワードや添付ファイルを付加することができる機能．

4.3.5 資料還元機能

VOIS での解析結果について，火山センター内で共有したり，火山噴火予知連絡会メンバー用 WEB や気象庁 HP の地震火山用 WEB に掲載したりするための機能．

WEB サーバをオフラインサーバで動作させ，火山センター内であればブラウザで簡単にアクセスできるようにしている．また，一部の業務端末で仮想 OS としてインストールした Windows から，会話処理サ

ーバ及びオフラインサーバの共有ディレクトリにアクセスできるようにし，VOIS の解析結果を使った資料作成が容易にできるようにしている．

火山噴火予知連絡会メンバー用 WEB や気象庁 HP の地震火山用 WEB に掲載する資料については，各火山センターのオフラインサーバに登録することで，各 WEB の所定のディレクトリに自動転送される．

4.4 外部媒体収録処理

磁気ディスク装置の波形データはサイクリックファイルとなっているため，保存が必要なデータについては，最新のデータに上書きされ消滅する前に，外部媒体に収録し永久保存している（図 13）．

波形データは，ディスク装置には全チャネルを連続波形データとして保存しているものの，データ量が多く，外部媒体への書き込み速度等の問題などから，全データを外部媒体に収録することはできない．そのため，連続波形データとイベントデータに分けて管理し，外部媒体に保存するデータ量を減らしている．

連続波形データについては，ネットごとに連続収録するチャネルを設定することで，当該チャネルについて全期間分を外部媒体に収録する．イベントデータについては，DB の TB にイベントとして登録された期間について，当該ネットに属する全チャネル分の波形データを外部媒体に保存する．

外部媒体（DVD-R）への書き込みは東京と福岡の両中枢で行うが，各火山センターで利用しやすいよう，火山センターごとに連続波形用とイベント用に分けて外部媒体収録を行っている．1 回の処理で外部媒体が複数枚作成できるが，東京では札幌用，仙台用，東京用をそれぞれ 2 枚，福岡用，鹿児島用をそれぞれ 1 枚作成している．福岡では札幌用，仙台用，東京用をそれぞれ 1 枚，福岡用，鹿児島用をそれぞれ 2 枚作成している．札幌と仙台では気象庁本庁から送付される外部媒体（1 枚）を保管・利用し，

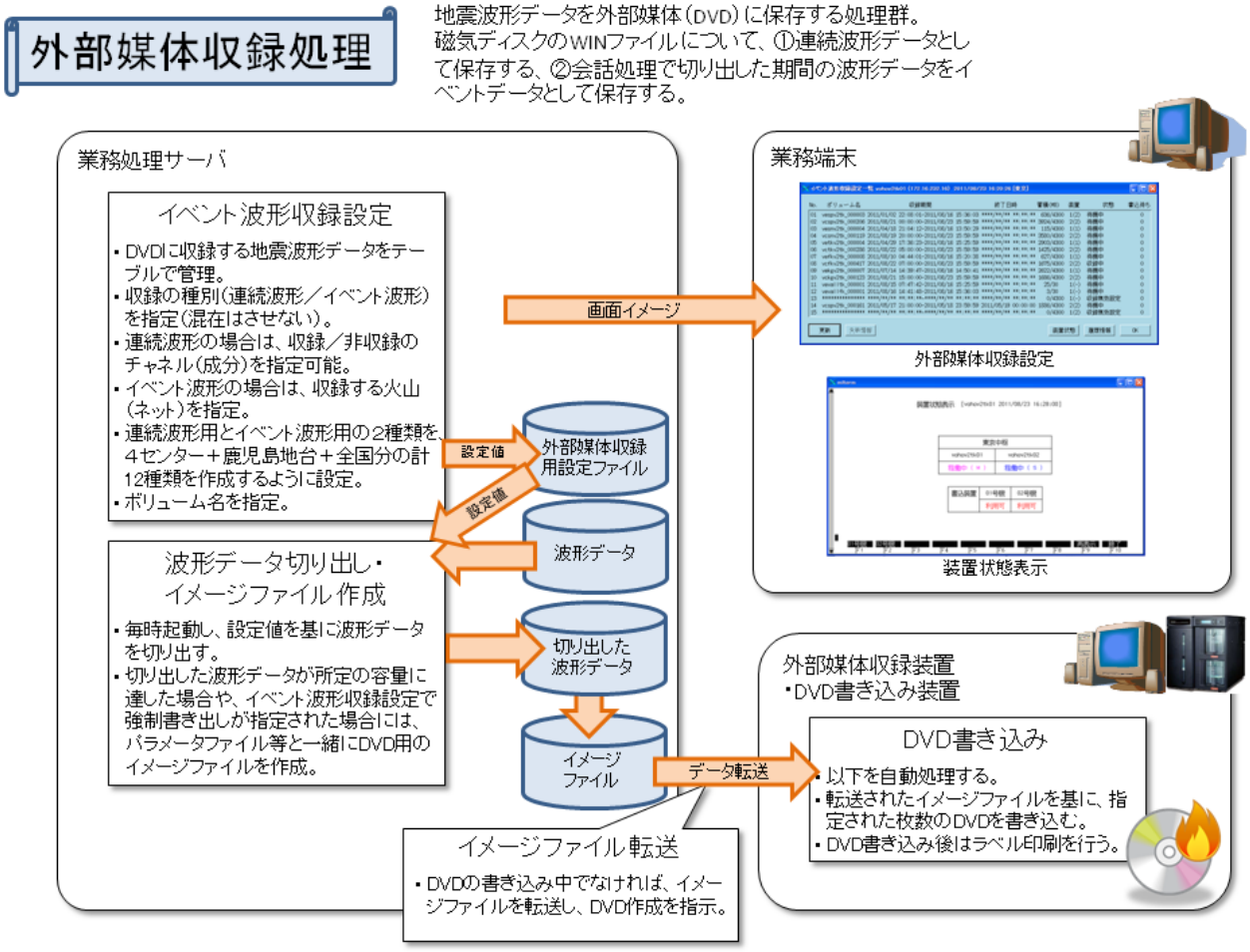

図 13 外部媒体収録処理の主な処理フロー

東京と福岡では自センター分として作成した 2 枚のうち 1 枚を活用分とし，残り 1 枚を他の火山センター用 1 枚とともにバックアップ分として保管している．

4.4.1 イベント波形収録設定

外部媒体にどのようなデータを収録するかをテーブル単位で設定する（最大 16 テーブル）．テーブルはボリューム名を管理する単位であり，連続波形データとイベントデータは混在できない．

連続波形データを収録する場合は，収録対象のチャネルを指定する．一方，イベントデータを収録する場合は，収録もれがないように当該ネットに属する全チャネルを収録対象とするが，他機関データ等，指定したチャネルは収録対象外とする．

ボリューム名は，次回書き込み時に付ける名称を，“固定部＿数値”で設定する．固定部については，センターや連続波形またはイベントが区別できるように設定し，例えば“vcspv2tk”のように，火山データを意味する“v”，連続波形を意味する“c”（イベントの場合は“e”），札幌用を意味する“sp”，VOIS2 を意味する“v2”，東京作成を意味する“tk”（福岡作成の場合は“fk”）としている．数値については，管理用に連番が付加されるよう，書き込み後に＋1 加算される．

4.4.2 波形データ切り出しとイメージファイル作成

外部媒体収録は，業務処理サーバの運転系で実行される．ディスク装置に保存された収録系データを，テーブル単位で外部媒体用のディレクトリに切り出す．業務処理サーバで系切り離しを行った場合，自動系，収録系ともその間の波形データはディスク装置に保存されていない．そのため，自系に波形データがない場合は，他系からデータを切り出し，外部媒体に収録するデータに抜けが発生しないようにしている．

外部媒体収録用に切り出したデータ量が，外部媒体として使用する DVD-R の容量を越さないように設定した値に達した場合，またはイベント波形収録設定で強制書き込みを設定した場合は，DVD-R 書き込み用のイメージファイルを作成する．

外部媒体収録が完了した時点で，ボリューム名の数値が＋1 加算し，イメージファイルと一緒に切り出した波形データを消去する．

4.4.3 イメージファイル転送と DVD 作成

外部媒体収録装置は 2 台の PC で構成されており，どちらの PC を用いるかをイベント波形収録設定で設定できる．各外部媒体収録装置（PC）は，業務処理サーバ内をチェックし，自系用のイメージファイルが作成されていれば，イメージファイルを自系に転送し，DVD 書き込み装置で DVD-R への書き込みを行う．DVD 書き込み装置は，オートチェンジャ付きで一度に 2 枚の DVD が作成できる．

書き込み後はラベル印刷とベリファイが自動的に行われ，エラーが発生した場合には DVD を再作成する．

4.5 地殻業務処理

地殻業務処理は，テレメータ装置や電子メール等で受信する地殻変動データ（傾斜計，GPS，伸縮計など）や環境要素（水位，水温，雨量，気圧，気温など）をリアルタイムで処理し，山体が膨脹・伸縮する状況を監視する（図 14）．

地殻変動データの処理については，EPOS でも東海地震の前兆現象の監視として長年実施されており，リアルタイムで潮汐応答成分や降雨による変動量を除去する補正処理が導入されている．VOIS においても同様の処理が必要であることから，EPOS で実績のある地殻業務処理を導入した．

4.5.1 自動処理

気象庁が整備した観測点だけでなく，他機関の地殻変動データも利用できるよう，テレメータ装置からリアルタイムで受信したデータ（リアルタイムデータ）と時間遅れで入手するデータ（非リアルタイムデータ）に分けて処理を行う．

リアルタイムで受信したデータは原データと呼び，秒値として保存する．また，長期間にわたる変動量を表示・監視するため，秒値を平均するなどして，分及び時間単位のデータ（それぞれ分値，時間値と呼ぶ）を作成している．

非リアルタイムデータについては，データによって分値であったり時間値であったりするため，分値として入手したデータについてのみ，平均するなど

して時間値を作成している．

地殻業務処理では，原データ，分値，時間値ともテレメータから受信する整数値（カウント値とも呼ぶ）を基本に，処理やデータ保存を行う．姿勢制御等により不連続になったデータについては，シフト量（開始，終了時刻とともにカウント値で設定）を加算し，増幅器や送信装置などの特性が変化するものについては，履歴管理した電圧感度係数（カウント値から電圧値への変換係数）や物理感度係数（電圧値から物理量への変換係数）を乗算することで，長期間にわたる変動量を正しく表示･監視している．

4.5.1.1　テレメータ受信

テレメータ装置から配信される，観測時刻が揃えられた地殻変動データ及び環境要素（合計 6000 チャネル分）と観測点の保守情報（以下，SV 情報）（2000 チャネル分）（ともに 1Hz，16 ビット長）を毎秒受信し，受信バッファに出力する．

テレメータ装置から受信できない場合は，継続して受信できるよう，波形データの受信と同様，他系のテレメータ装置に接続を切り替える．

4.5.1.2　原データ作成処理

受信したデータから処理対象のデータを抽出し，VOIS 用のチャネル番号を付けて原データとしてバッファに出力する．SV 情報については，装置ごとにフォーマットが異なるため，SV データとして欠測等の重要な項目だけを抽出した統一化 SV のフォーマットに変換し，原データとセットで出力している．

原データは，テレメータ装置から受信したデータのまま，16 ビット長の整数値で保存される．原データファイルには，チャネル単位で 1 レコードあたり 2 分間分（120 組）の原データと SV データがディスク装置にサイクリックファイルとして保存される（最古のデータに最新のデータを上書きする）．

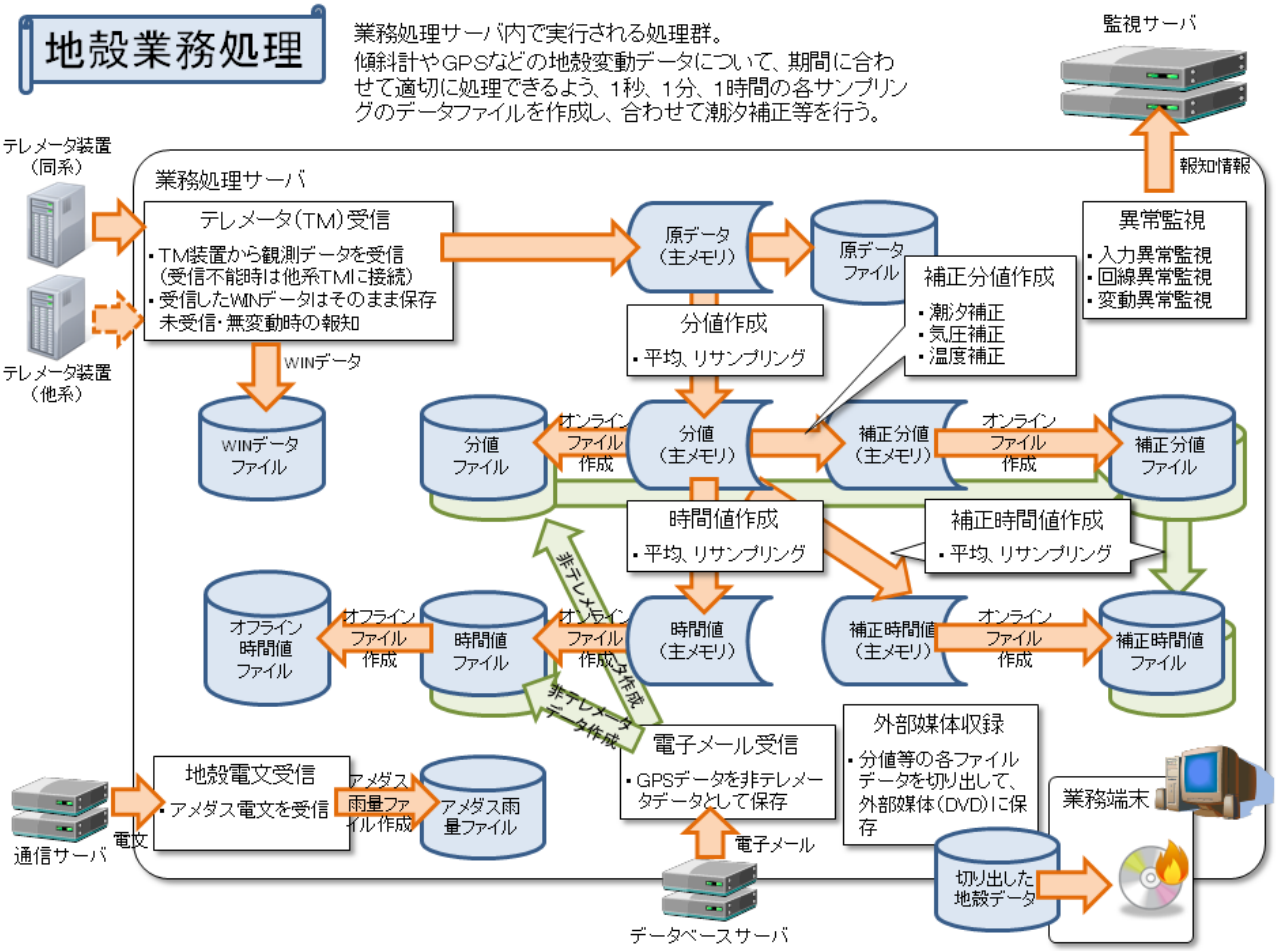

図 14　地殻業務処理での関連図

SV データにより姿勢制御が行われたことが検知できる場合には，開始・終了時刻とともにその間のデータ変化量をシフト量として保存する．

4.5.1.3　分値・時間値作成処理

地殻変動データについては，短くても週単位，長ければ 10 年単位で表示等を行う必要があり，高速に表示するためにもデータ量を減らす必要があることから，表示期間を考慮して，分値及び時間値（それぞれ 1 分サンプリング，1 時間サンプリング）のデータを作成する．

傾斜計データには，地震動のような周期の短い変動も記録され，山体の膨脹や収縮等の周期の長い変動を表示・監視する際にはそれがノイズとなってしまうことから，分値等を作成する際には短周期成分を除去するために平均処理を行っている．一定の降水量（例えば 0.5mm）でカウントアップされる雨量データなどでは，短周期成分が含まれないので，リサンプリング処理として 0 秒や 0 分の瞬間値を分値や時間値として設定している．

平均処理やリサンプリング処理を行う際，元となるデータが欠測していたり，平均に使う正常なデータが足りなかったりした場合，処理結果をそのまま分値や時間値として保存し，データとセットで保存する SV データには欠測であることを示すフラグを設定する．

水管傾斜計や潮位差など，2 地点のデータから傾斜量や変位量を算出する場合には，それぞれのデータをカウント値から物理量（水位）に変換し，その差から傾斜量等を計算する．その後，物理量からカウント値を逆算してバッファに保存している．

分値ファイル，時間値ファイルとも，原データファイルと同じフォーマットであり，チャネル単位で 1 レコードあたり 120 組の観測データと SV データがディスク装置にサイクリックファイルとして保存される．

分値ファイルについては 2 時間ごとに新規レコードを作成し，時間値ファイルについては当該レコードに毎時間上書きする．

系切り離し時には，分値や時間値を消失しないよう，ディスク装置にバッファデータを退避してから地殻業務処理を終了している．

4.5.1.4　メール受信処理(非リアルタイムデータ受信)

VOIS では，他機関や他システムが処理したデータも利用できるよう，電子メールで受信したデータについて，非リアルタイムデータとして処理している．

部外機関のデータについては，インターネット経由で送られてきた電子メールを地震火山部のメールサーバでいったん受信し，東京及び福岡のメールサーバ（オフラインサーバ）の地殻業務処理専用のアカウントに転送される．オフラインサーバのメールは，さらに当該中枢の両業務処理サーバに転送され，最終的に業務処理サーバの非リアルタイムデータ受信用のアカウントに電子メールとして届く（図 15）．電子メールであれば，業務処理サーバや途中のメールサーバが停止していても，再開時に受信できるため，リアルタイムデータのような系組み込み時の系間コピーは必要ない．

電子メールの本文に，1 行 1 データで，観測時刻（年月日時分秒，分秒は省略可能），チャネル番号，データ（実数値），SV 情報が記載され，同一チャネルで複数時刻でも，同一時刻で複数チャネルでも，またその両方でも記載可能である．

非リアルタイムデータもリアルタイムデータと同様，チャネル単位で 1 レコードあたり 120 組の観測データと SV データがディスク装置にサイクリックファイルとして保存される．なお，受信したデータは電圧値として認識され，バッファやファイルにはカウント値に変換した値が保存される．

4.5.1.5　電文受信処理（アメダスデータ受信）

通信サーバ経由で受信したアメダス電文を解析し，アメダス時間値ファイルに出力する．

アメダス雨量データは物理量（mm／時間）で受信し，観測点単位で 1 レコードあたり 72 組の雨量データ（実数値）と SV データがディスク装置にシーケンシャルファイルとして保存される．

4.5.1.6　補正分値・補正時間値作成処理

地殻変動データは，地球潮汐や海洋潮汐の影響を受ける．また，設置環境によっては，気圧や温度の変化，降水の影響を受けることもある．山体の膨脹などを的確にとらえるためには，これらの影響を取

り除く必要があり，これらの影響（応答成分と呼ぶ）を取り除くことを補正と呼び，潮汐補正，気圧補正，温度補正の 3 種類の補正処理を行っている．

潮汐補正は，潮汐応答成分を取り除く処理である．観測場所（緯度，経度，設置深度）と観測種別（傾斜，伸縮，体積歪等）を与えれば，潮汐の周期ごとに理論値（振幅と位相）が計算できるが，実際に観測されるものと若干の差異が発生する．理論値との差の時間変化は小さいとの前提で，過去データから算出した振幅比と位相差を使って潮汐応答成分を算出し，観測データから減算することで潮汐補正を行う．潮汐応答成分については，BAYTAP-G（石黒ほか，1984）で解析した分潮群ごとの振幅比や位相差を用いて算出し，潮汐補正を行う．なお，並行観測データとして気圧や温度データを入力すれば，BAYTAP-G で気圧や温度の応答係数も算出できる．

気圧補正は，気圧変動の影響を取り除くものであり，観測装置上あるいは近接点の気圧データを用いて行う．参照する気圧データが欠測になった場合，近接点の気圧データが利用できる場合には，地点間の気圧差を考慮して気圧補正を継続する．利用できる近接点の気圧データがない場合は，補正データは欠測扱いにする．

温度補正は，観測機器の温度変化の影響を取り除くものであり，観測機器内の温度計や観測井内の水温計データ等を用いて行う．参照する温度データが欠測になった場合は，補正データは欠測扱いにする．

補正分値，補正時間値とも，分値や時間値と同様，チャネル単位で 1 レコードあたり 120 組の観測データと SV データがディスク装置にサイクリックファイルとして保存される．

4.5.1.7　回線監視処理

地殻変動データは，観測時刻が揃えられたデータが全チャネル同時にテレメータ装置から送信される．テレメータ装置で地殻変動データが受信できない場合は，最後に受信したデータが VOIS に送信されるため，前値ホールドされたデータを受信することになる．受信したデータが長時間無変動な場合に，伝送回線上での異常があったと判断し，報知を行う．

4.5.1.8　オフライン時間値ファイル作成処理

原データファイルなどのオンライン処理で作成されるファイル（オンラインファイルと呼ぶ）は，カウント値で保存されており，その都度シフト量ファイルや感度履歴ファイルを参照して物理量に変換する必要がある．また，サイクリックファイルであり最新データで上書きされるので，期間によっては外部媒体を参照しなければならない場合がある．最新のデータなど，シフト量や感度が確定されていない期間を含む場合には，その都度物理量に変換することはやむをえないが，観測開始以来のデータを表示

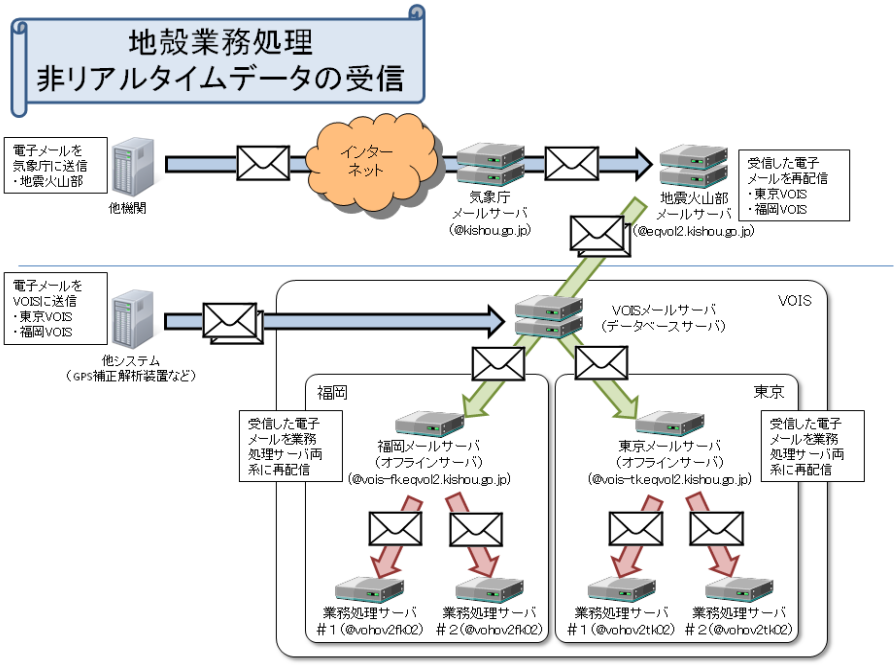

図 15 非リアルタイムデータの受信フロー

する場合には，外部媒体を参照したり，変換のために時間がかかったりし，マイナス面もある．そのため，時間値については，オフライン時間値ファイルとして観測開始以来のデータを物理量として保存し，地殻変動業務の担当者の操作により，オンラインファイルのデータを追加する．

オフライン時間値ファイルは，アメダス雨量ファイルと同様，チャネル単位で 1 レコードあたり 72 組の観測データ（実数値）と SV データがディスク装置にシーケンシャルファイルとして保存している．

4.5.2 外部媒体収録処理（地殻変動データ）

原データなどのオンラインファイルは，サイクリックファイルとなっており，最古のデータに最新のデータが上書きされるため，古いデータが上書きされて消滅するまでに外部媒体に転送する必要がある．

外部媒体に保存するデータはチャネル単位で指定でき，オンラインファイル（サイクリックファイル）から読み出され，収録用ディレクトリにあるシーケンシャルファイルに追加される．外部媒体として使用する DVD-R の容量を越さないように，設定した容量に達すると別のファイルに収録を開始するとともに，音声報知により現業当番者に知らせる．

現業当番者は地殻外部媒体収録ツールで状況を確認し，外部媒体収録が可能だと判断した場合には，同ツールを用いて業務端末にデータを転送し，DVD-R 用のイメージファイルを作成後，業務端末に内蔵された DVD-R 装置を用いて，DVD-R に書き込みを行う．

外部媒体（DVD-R）への書き込みは後述の地震データ同様に東京と福岡で行うが，保存内容は地震とは異なりいずれも全国の地殻データであり，作成する DVD-R の数は，東京・福岡両中枢で正副各 1 枚，更に東京では札幌用，仙台用を各 1 枚作成し活用用として送付している．

4.5.3 系組み込み時の欠落部コピー（Ｓ欠コピー）

系切り離し中は，テレメータ装置から地殻変動データが配信されないため，原データファイルにはデータ抜けが生じる．また，原データをもとに分値や時間値，補正分値や補正時間値を作成するため，これらにもデータ抜けが発生する．地殻変動データについては，長期間の連続したデータをもとに監視などを行うには，他系にあるデータを用いて補完を行う必要がある．ツールを用いてオフライン的に行うことも可能であるが，通常は待機系（Slave）を組み込む際にオンライン処理として行っており，この処理を待機系組み込み時の欠落部コピー（S 欠コピー）と呼んでいる．（図 16）

系組み込み時にテレメータ装置からデータを受信し，原データファイルが出力し始めるタイミングで欠落期間が確定でき，S 欠コピーを開始する．各処理に使うメモリバッファのデータについては，まず運転系のデータがディスク装置にファイル出力され（MtoF），系組み込み中の処理装置にファイル転送された後，ファイルからメモリバッファに書き込まれる（FtoM）．オンラインファイルのデータについては，系組み込み側では未完のレコードや空レコードが出力されているので，運転系から該当レコードを転送し，系組み込み中のオンラインファイルに上書きする．

オンラインファイルのデータについては，メモリバッファのデータと異なり，分値作成等に影響しないことから，メモリバッファのコピーが完了した時点で，待機系としての組み込みを完了させ，オンラインファイルのコピーについては，系組み込み完了後も引き続き行う．

4.6 通信業務処理

アデスや VOIS 内の処理装置との間で電文の送受信を行う．通信サーバのほか，業務処理サーバ（アメダス電文の受信）や会話処理サーバ（噴火警報等の発表），データベースサーバ（降灰予報の発表）でも動作する（図 17）．

送受信した電文は，送受信記録とともに通信サーバのディスク装置にいったん保存され，電文そのものについてはデータベースサーバの DB に保存される．

なお，アデスとの通信について，EPOS で実績がある通信業務処理を導入した．

4.6.1 電文送受信処理

通信サーバとアデス間はアデス用の手順（JMA ソケット手順）で電文の送受信を行うが，VOIS 内は独自の手順で行っている．

電文の送受信は一通ずつ行われるため，送信用の

地殻業務処理 S欠コピーについて

S欠コピーとは、S系（スレーブ系、待機系のこと）組み込み時に行う、欠落部コピーのこと。
系切り離し中は地殻変動データができず、そのまま系組み込みを行ってしまうと、その間のデータが欠測扱いとなってしまい、運転系と食い違ってしまう。
そのため、待機系組み込み時に、当該データを運転系からコピーしてから本来の処理を開始することで、運転系と同等のデータとなるようにしている。

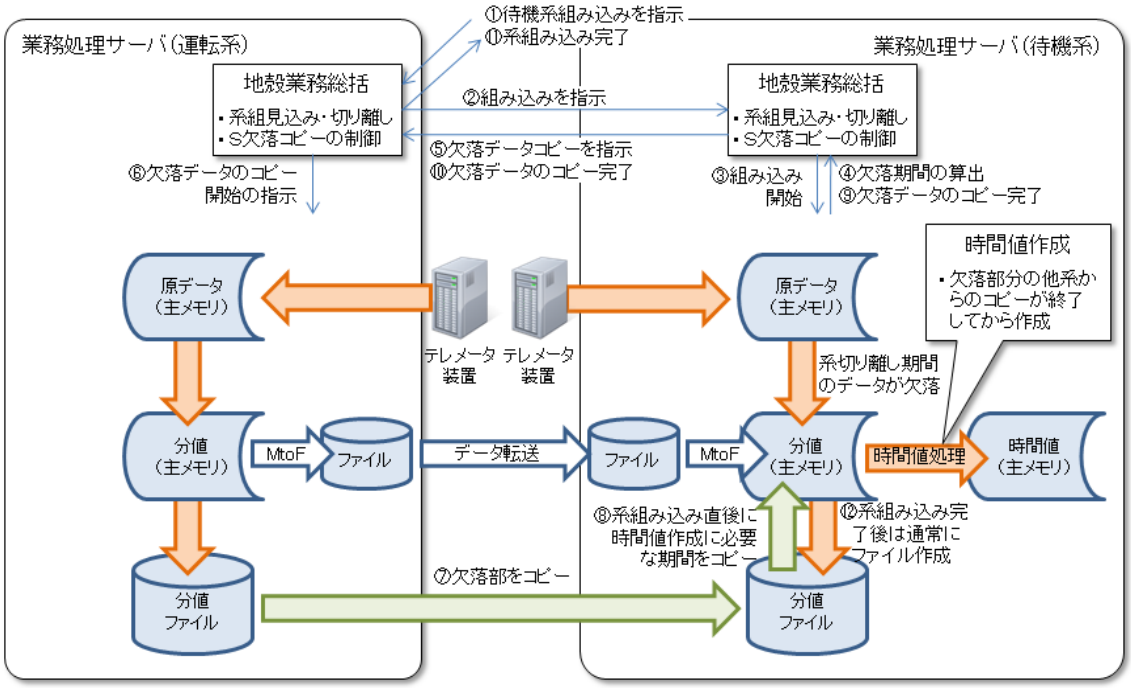

図 16 S 欠コピー時の処理フロー

通信業務処理

噴火警報などについて、電文（カナ漢字形式、XML形式）として東西アデスに対して送受信する処理群。

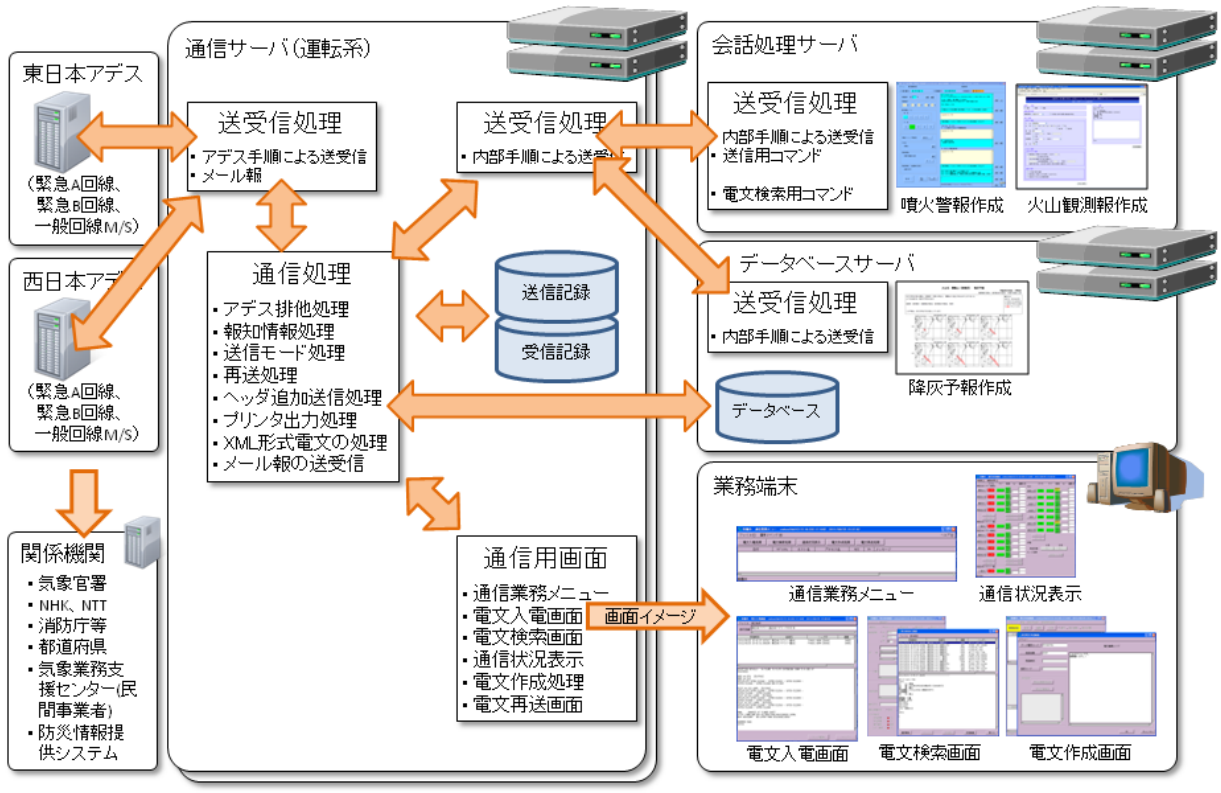

図 17 通信処理での関連図

電文は，いったん通信サーバの送信キューに積まれて順番待ちをする．系切り替えなどでアデスとの接続が切れた場合には，送信用電文が送信キューに溜まるが，接続が復旧すると先に積んだ電文から順にアデスに送信される．

4.6.1.1　アデス排他処理

アデスには，緊急通信用と一般通信用の装置があり，どちらも冗長化されている．一般通信用は，VOISと同様に運転系／待機系で運用されているが，運転系／待機系の運用では系切り替えが必要であり，系切り替え中は通信が止まってしまう．系切り替えでは回線数分の切断・接続を行う必要があるが，VOISの場合は回線数も少なく，切断・接続にはほとんど時間はかからないが，アデスは気象庁内だけでなく，数多くの外部機関と接続されているため，系切り替えにかなりの時間が必要となっており，警報等の迅速な配信が必要な電文を扱うには不向きとなっている．そのため，警報等を扱う緊急通信用は，常時２台を稼働させ，一方を停止させる場合でも，系切り替えによる通信断を防いでいる．

警報等の送信については，緊急通信用装置２台に送信し，受信についても緊急通信用装置２台から同じ内容の電文を受信することになる．また，VOISは東日本アデスと西日本アデスの両方に常時接続し，受信についてはどちらか一方のみ（東京 VOIS は東日本アデス，福岡 VOIS は西日本アデス）から受信するが，上記のように２台の緊急通信用装置から同じ内容の電文を受信するため，後から受信した電文については配信等の処理を行わないよう排他処理を行っている．

4.6.1.2　報知情報処理

あらかじめ登録した電文については，送受信した際に音声報知を行ったり，受信した電文をプリンタ出力したり，登録したプログラムを起動したりすることができる．

4.6.1.3　送信モード処理

アデスとの接続は，通信サーバの系切り替え時に切断と接続が自動的に行われるが，手動でも切断や接続が可能である．また，回線をクローズすることにより，アデスと接続したまま，送信を中断することができるが，そのままでは送信用電文が送信キューに溜まるため，回線をオープンする前にキュー削除を行い，不要な電文が送信されないようにする必要がある．

4.6.2　画面処理

電文を作成して送信したり，受信した電文を検索して表示したりする処理．

電文入電画面：

受信した電文をリアルタイムで表示する処理．表示する電文種別を事前に指定することにより，不要な電文は表示しない．電文受信時は自動的に画面がスクロールしてしまうため，受信した電文を確認中はスクロールを停止する機能がある．

電文検索画面：

通信サーバまたはデータベースサーバに保存した電文について，検索を行い表示する．電文記録ファイルには，時刻や相手装置などの記録が保存されており，エラーが発生した電文を検索することが可能である．

通信状況表示画面：

電文送受信処理の状況を表示する処理．相手装置との接続状況や送信モード，キューの状況などを表示する．回線の切断・接続，送信モードの変更，キューの削除などを行うことができる．

電文作成画面：

漢字かな形式の電文を作成し送信する処理．アデスに送信できるほか，あたかも受信した電文のように配信等が行われる“疑似電文”を送信することができる．

電文再送画面：

受信した電文や送信済みの電文を検索し，再送信するための処理．

4.7　降灰予報作成処理

噴煙高度などから噴出量を仮定し，上空の風の予測値をもとに降灰の範囲を予測し，降灰予報として図情報を発表する（図 18）．

データベースサーバを使って処理を行うが，降灰範囲の予測（拡散計算）については，航空路火山灰情報センター処理システム（以下，VAAS）で行う．

4.7.1　火山現象電文受信処理

火山噴火時に各火山センターが発信する噴火に関する火山観測報（以下，火山観測報）をアデス経由で受信し，受信した電文から，火山名や噴煙高度などを抽出し，拡散計算パラメータ表示・編集処理での初期値として設定する．

4.7.2　拡散計算パラメータ表示・編集処理

手動または火山観測報受信時に自動起動される．

手動起動の場合は，すべてのパラメータを設定する必要があるが，自動起動の場合は，抽出された火山名や噴煙高度などから拡散計算に必要なパラメータに変換され自動設定されるので，必要に応じて修正を行う．

4.7.3　ジョブ投入・監視処理

拡散計算パラメータ表示･編集処理から起動され，VAAS に対して拡散計算用のジョブを投入する．

ジョブ投入後は，VAAS での処理状況を監視し，ジョブが終了した時点で予報文自動作成を起動する．

VAAS では，移流拡散モデルに基づき，設定されたパラメータを使って大気中での火山灰の拡散状況を計算し，6 時間先までの降灰状況を予測し，処理結果をファイルとして保存する．

4.7.4　予報文の作成

VAAS での処理結果から，降灰が予想される都道府県名とそれに応じた発表官署名を自動設定し，予報文案と組み合わせて降灰予報を作成する．降灰範囲は予測時刻ごとに地図上にプロットされ，予報文とセットでファイル化される（PDF ファイル）．

4.7.5　予報文の確認，発表

自動作成された予報文と図（PDF ファイル）が画面に表示され，必要に応じて予報文を修正する．

降灰範囲が不適切な場合は，拡散計算パラメータ表示・編集処理に戻ってパラメータを変更し，ジョブを再投入する．

発表官署に予測結果等を連絡し，予報文や降灰範囲に問題がなければ，降灰予報を発表する．

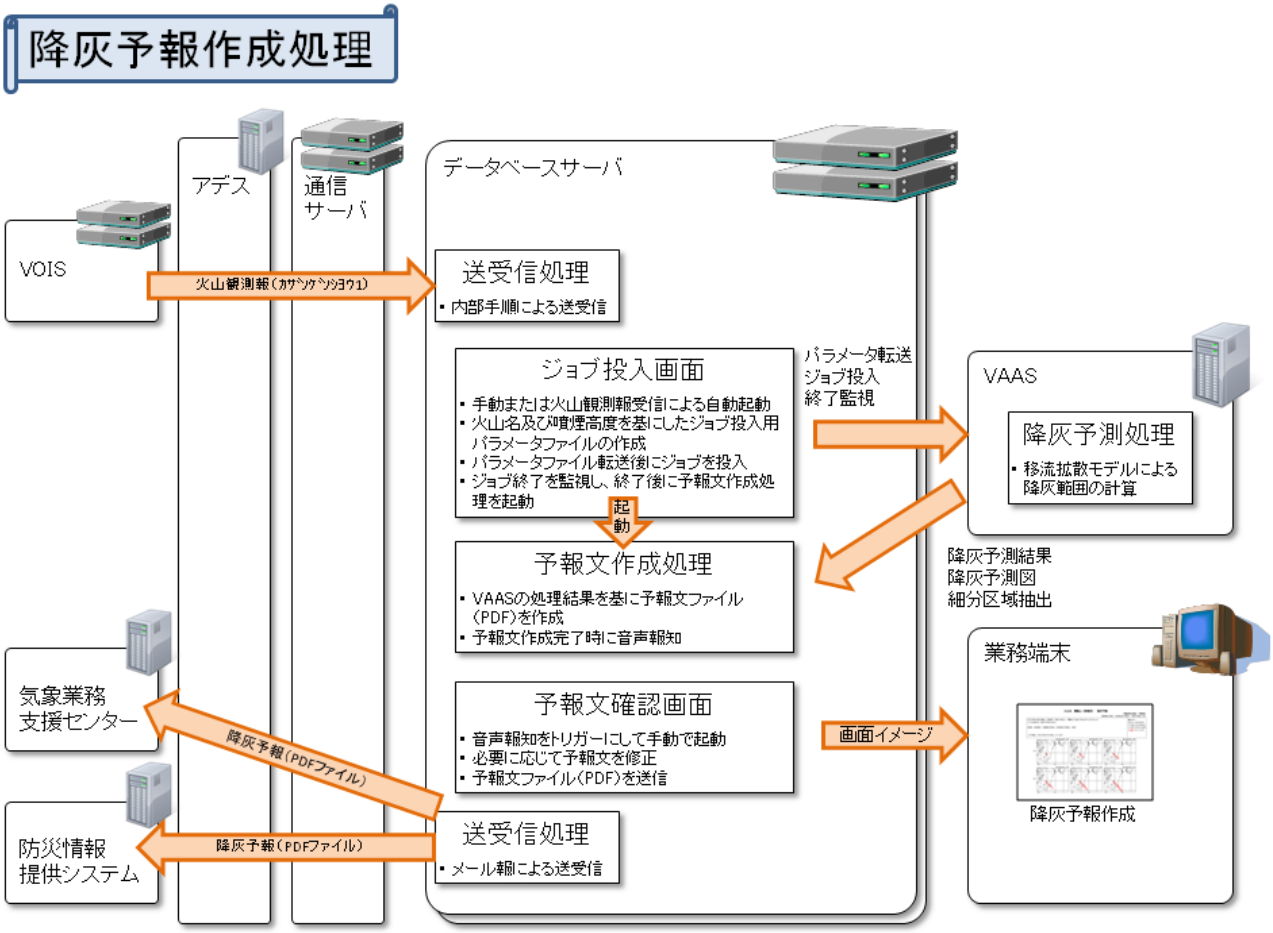

図 18　降灰予報処理での関連図

降灰予報は PDF ファイルであるため，アデスのメール報を用いて気象業務支援センターや防災情報提供システムに配信する．

4.8　パラメータ編集処理

VOIS では，各処理を柔軟に運用できるよう，観測点の座標はもとより処理を制御するものまで，パラメータ化している．各種パラメータのうち，修正履歴や変更時の反映手順が必要なものについては，パラメータ編集処理を用いて管理している．

業務処理サーバで実行される自動処理については，多くが VOIS1 と同等のものであり，パラメータ編集の方法も VOIS1 に合わせた．VOIS2 の地殻業務処理は EPOS で実績のある処理としたが，各パラメータの反映方法が汎用的であったことから，自動処理で用いるパラメータと同様，パラメータ編集処理で行うこととした．

一方，通信業務処理でもパラメータを使用するが，EPOS で実績のある処理であり，パラメータの反映方法が特殊であったことから，パラメータの管理方法は EPOS と同様，ブラウザを使った PHP ベースのプログラムである．

自動処理や地殻業務処理で使用するパラメータについては，全国共通で管理するものと各火山センターで管理するものに分けており，全国共通分については本庁火山課の担当者が，各火山センター分については各火山センターの担当者が編集できる．また，編集作業自体は，常に作業用ファイルに対して行い，編集作業が完了し業務処理に反映できるようになった時点で本番用ファイルにコピーし，必要なパラメータについてはメモリ展開されたり，DB に保存されたりする．なお，本番用にあったファイルは前回用に退避させ，2 世代分の履歴管理を行っている（図 19）．

5　気象庁開発プログラムとリリース手順

VOIS2 では，VOIS1 と同様，受注業者が開発した自動処理や会話処理で使用するプログラム以外に，

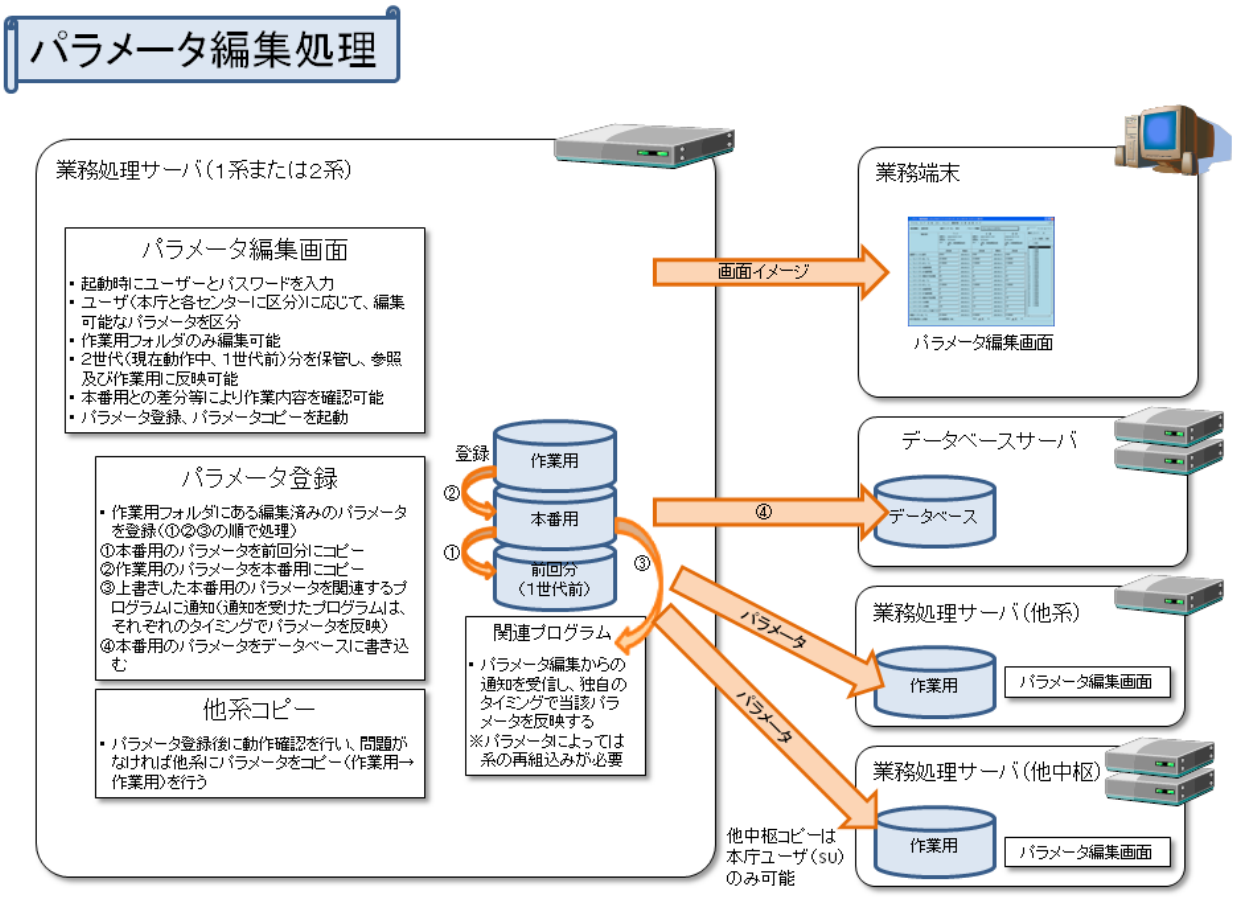

図 19 パラメータ編集処理での関連図

自動処理や会話処理結果を加工し，より詳細な監視や解析を行うためのツールを気象庁職員が開発し，監視や解析等で利用している．ここでは VOIS2 用などに開発された主なプログラムを紹介する（図 20）．

5.1　情報発信用プログラム

地震津波業務では警報や情報の迅速な発表を行うため，自動処理や会話処理結果をもとにして警報文や情報文を自動的に組立てるのに対して，火山業務では火山活動の状況や今後の見通しについてわかりやすく記述する必要があるため，警報文や情報文の主要となる部分は現業当番者が手作業で入力しなければならない．そのため VOIS では，運用開始後も使い勝手が改善できるよう，気象庁でプログラム開発を担当した．以下のどのプログラムも会話処理サーバで動作する．

噴火警報・予報用，火山に関する解説情報用：

L アデス端末用に作成されたものがこのプログラムの原型であり，その後 ETOS2，VOIS1 に移植され，VOIS2 の仕様に合わせて修正したものを現在使用している．

X Window システムで動作する C 言語のプログラムである．VOIS2 運用開始時は，入力した内容をもとに漢字かな形式の電文を作成・送信する機能のみであったが，現バージョンは漢字かな形式と同時に XML 形式の電文を自動的に作成し，漢字かな形式の電文の送信直後に発信するようになっている．

なお，漢字かな形式，XML 形式とも業者作成のツールを使用して電文の送信を行っている．

噴火に関する火山観測報：

VOIS1 では受注業者が作成した汎用性の高い電文作成用画面で作成していたが，VOIS1 の運用期間中に，書式が定型化され，内容についてもある程度固定化されたことから，VOIS2 では入力ミスを防ぐために専用プログラムを用意した．

ブラウザ上で動作する PHP のプログラムであり，噴火警報等のプログラムと同様，業者作成のプログラムを使用して漢字かな形式と XML 形式の電文を発信している．

火山現象に関する海上警報：

気象庁本庁から船舶向けに発表する警報で

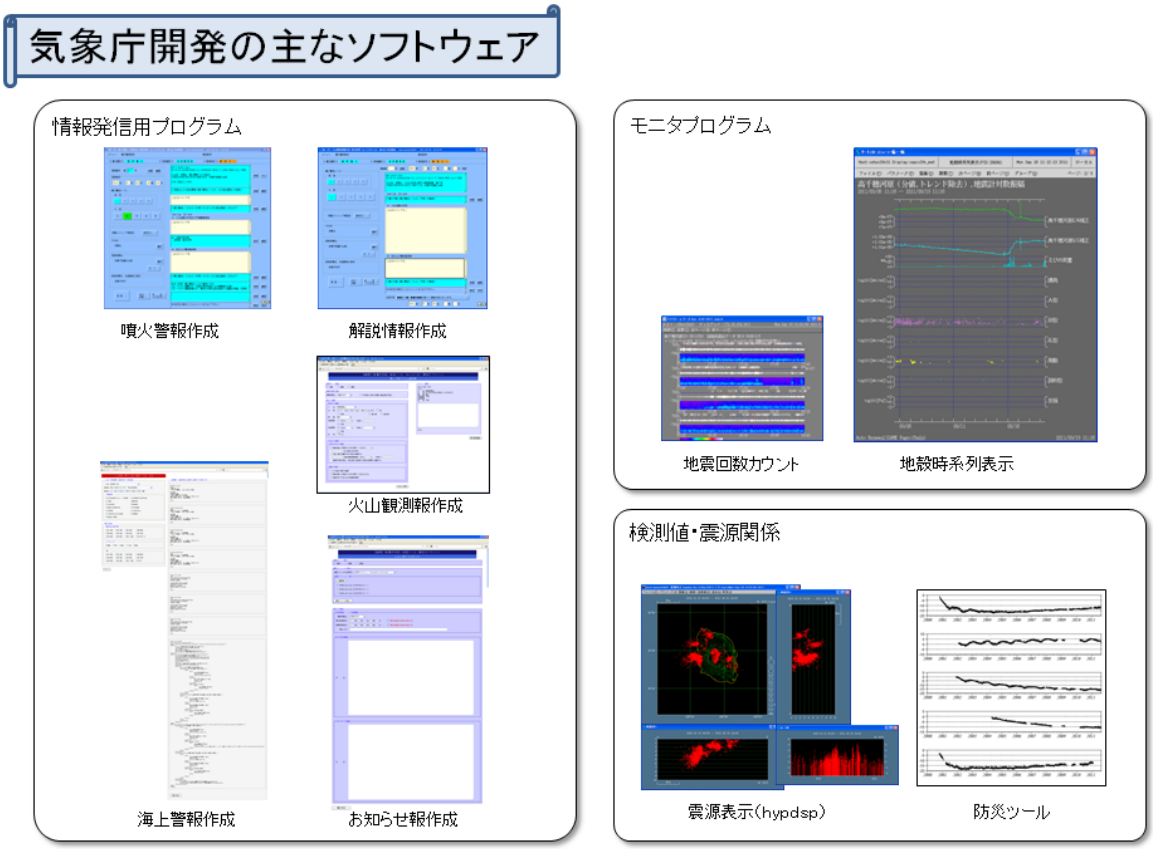

図 20 気象庁開発の主なソフトウェア（画面イメージ）

ある．

ブラウザ上で動作する PHP のプログラムであり，通常時は東京からのみ送信するが，業務代行時を考慮し，福岡の会話処理サーバにも当該プログラムをリリースしている．

火山に関するお知らせ報：

お知らせ報については，XML 形式の運用開始に合わせて，ブラウザ上で動作する PHP のプログラムを用意し，漢字かな形式の電文（「ｻｲｽﾓｵｼﾗｾ」）と同時に XML 形式の電文が送信できるようにした．

5.2 モニタ用プログラム

テレメータ装置から受信するデータをもとに，観測点の状況や正常にデータを受信しているかを確認するためのツールを，VOIS1 から移植したり，新規に作成したりしている．

また，波形データをモニタするためのツールとして，業者作成の SP モニタや LP モニタがあるが，微動については周波数特性の変化等をモニタすることが重要であり，こられのモニタでは監視できない．また，地殻変動データのモニタについては，EPOS1 から気象庁開発プログラムである「地殻時系列表示プログラム」が利用されており，VOIS2 でも利用するため，EPOS4 で使用されている最新版を移植した．

SV 監視：

業務処理サーバで動作し，各観測点の最新の状況がブラウザで確認できるよう，テレメータ装置から受信する SV データを参照して，オフラインサーバに html ファイルで出力する．業務処理サーバ 2 系にのみ 1 日 2 回出力するよう Cron 登録されているが，業務メニューから起動すれば，任意の時刻の状態を出力できる．

基本となる部分は C 言語で書かれており，SV を構成するビットによって重障害，軽障害，正常を判定し，表示色で区別できるようにしている．

回線監視：

業務処理サーバで動作し，観測や伝送状況が確認できるよう，テレメータ装置から受信する波形データ（2 分間分）を表示する．

業務処理サーバ 2 系にのみ 1 日 2 回出力するよう Cron 登録されており，業務メニューから起動すれば，任意の時刻の状態を追加出力できる．

基本となる部分は C 言語で書かれており，過去 1 か月分の波形データについて，簡易的な確認用に JPEG 形式で，詳細な確認用に PDF 形式で波形データを出力している．

波形印刷イメージ表示：

ブラウザで確認できるよう，会話処理で行っている連続波形印刷機能を利用して，特定の観測点の連続波形データを定期的にファイル出力するとともにインデックス用の html ファイルを作成する．

イベント回数カウント：

地殻時系列表示などで表示できるよう，自動処理や会話処理でのイベント切り出し結果をもとに，イベントタイプごとの回数をファイルとして出力する．

地震回数カウント処理：

波形データを監視するために，REDC から移植された X Window システムで動作する C 言語のプログラムである．

SP モニタにも導入されている地震回数を自動カウントする仕組みのほか，周波数特性をパワースペクトルで表示する機能を有する．

地殻時系列表示プログラム：

EPOS4 から移植された X Window システムで動作する C 言語のプログラムである．

地殻変動データのほかに地震回数なども表示でき，また一定時間間隔で画面も更新されるため，地殻変動データの監視に使用できる．また，地殻時系列表示プログラムから外部のプログラムを起動し，表示中のデータを任意に加工できる等の機能もあり，データ解析も利用できる．

5.3 検測値・震源関連プログラム

VOIS での検測値や震源データについては，手動検測時に現業当番者が確認した後に DB に保存している．その後，別の当番者がチェックツールを用いてチェックしたり，特に検討が必要なイベントについては，官執勤務者も参加した場で議論したりして確定値としている．

震源計算プログラム（vepos，vmugen，vkushin）：

火山性地震の震源及び火山噴火時の空振源を推定するためのプログラムであり，自動処理や手動検測から起動される震源計算で使用されている．

震源の推定には，半無限型の vmugen，または成層構造型で走時表を用いる vepos を用いる．火山噴火場所（空振源）の推定には，P 波速度の代わりに音波速度で計算する vkushin を用いる．

VOIS1 から使用されてきたが，FORTRAN で記述されていたものを C 言語に変換している．

検測値出力（kenlist.rb），震源データ出力（hyplist.rb）：

DB に保存された検測値や震源データについて，直接 DB にアクセスしなくても容易に参照できるように ruby で作成したツール．

イベントの検索条件や出力するフォーマットを引数で指定でき，処理結果を標準出力するので，Unix のフィルターとしても利用できる．

検測値ファイル（Report ファイル）作成：

DB に保存された検測値や震源データについて，直接 DB にアクセスしなくても PC などから参照できるよう，イベント単位に CSV 形式でファイルにするツールであり，検測値出力（kenlist.rb）等を利用している．

各オフラインサーバの Cron として動作している．DB データの更新頻度を考慮し，過去 3 日分については 30 分ごとに，過去 1 週間分は 1 日 1 回再作成している．

検測値チェック：

DB に保存された検測値について，抜けや誤りがないかを確認するツールであり，検測値出力（kenlist.rb）等を利用し，チェック結果を画面及びプリンタに出力する．

震源ファイル作成：

DB に保存された震源データについて，震源表示プログラム（hypdsp）（横山，1995）から参照できるよう，総合検測値ファイルの震源レコードフォーマットでファイルに出力する．

オフラインサーバの Cron として動作し，VOIS 震源ファイルは 3 時間ごとに作成している．REDC からも一元化震源を転送しており，各管区気象台での処理結果（会話震源）については毎時間，全国分がマージされた暫定震源等については 1 日 1 回参照し，ファイルが更新されていれば VOIS に転送し，各オフラインサーバに保存している．

震源表示（hypdsp，hypopl）：

震源データをもとに，震源分布図や地震回数積算図等を表示するプログラムであり，より高機能なバージョンを REDC から移植している．

防災ツール：

火山活動解説資料等に掲載するため，火山活動状況をグラフ化するためのツールであり，オフラインサーバのブラウザ上で動作する PHP のプログラムである．

火山噴火直後に発表する解説資料では，現業当番者でも簡単に作成できなくてはならない．一方，地震火山月報や火山噴火予知連絡会用資料のように，多少時間がかかったり，複雑な手順が必要であったりしても，資料作成の担当者であれば詳細な図表が作成できる必要があり，両パターンで作成できるようになっている．

5.4 WEB や電子メールによる情報共有

噴火警報等の火山電文を発信した場合，アデス経由で関係機関に配信されるほか，防災情報提供システム経由で各自治体に伝達され，気象庁 HP の防災気象情報の火山用ページにも掲載される．

気象庁 HP の気象統計情報にも火山用ページがあり，ここには噴火警報等の過去に発表した電文などが掲載されているほか，火山活動解説資料等の資料についても掲載している．

これら気象統計情報の火山用ページに掲載する電文等については，発信時または電文受信時に起動されるツールにより，掲載用の html ファイルを作成し，所定のディレクトリに保存することで掲載を自動的に行っている．

また，掲載した電文について，庁内担当者に情報共有するため，電子メールにして送信している．

さらに，関係機関とのデータ交換協定に基づき，会話処理結果（イベント回数や震源要素など）を相手機関に提供する必要がある火山について，電子メールで提供できるようツールを整備している．

5.5 業者開発プログラムのリリース手順

業者開発のプログラムについては，業者が所有する開発環境でコーディングやコンパイルされたものが業者側で登録・管理され，気象庁立ち会いの下，開発環境での動作確認が完了したものが，実機へのリリース対象となる．

業者から気象庁担当者に，対象とするプログラム名や動作内容，リリース後の動作確認方法が記載された資料が渡され，気象庁担当者は提出された資料を確認し，特に問題がなければ，リリース申請等の庁内手続きを行う．

申請が認められた場合，検査担当職員とスケジュールを調整した後，各火山センター等にリリースの日程や作業内容を連絡する．特にリリース時に系切り離しが必要な場合は，検査担当職員とのスケジュール調整よりも前に各火山センターとの調整を行う．また，リリース内容によっては片系ずつ別々の作業日を割り当てる等，各火山センターでの運用に配慮して行う．

リリース当日は，必要に応じて系切り離しを行った後にリリースを行う．業者開発プログラムのリリース作業は，業者のリリース担当者が，CVS と呼ばれるソース管理プログラムを使って，リリース対象の装置ごとに作業を行う．CVS を使うことにより新しいバージョン番号が付与され，変更履歴とともに保存される．

業者によるリリース作業が終わると，気象庁担当者及び検査担当者は新しいバージョン番号が正しいかどうかを確認する．また，実機での動作試験が可能な場合は，手順に従って新バージョンの動作試験を行う．

動作試験またはヒートランにより，特段の問題がないことが確認できれば，手順書に従い，他の装置へのリリース作業を行う．

すべてのリリース作業が完了した場合には，庁内手続きに従い，作業完了の報告を行う．

5.6 気象庁開発プログラムのリリース手順

気象庁開発の場合，各担当者がオフラインサーバに環境を作り，コーディングやコンパイルを行い，可能なものについてはオフラインサーバで独自に動作確認を行い，問題がないことを確認できたものが実機へのリリース対象となる．

中枢の処理装置へのリリースが必要なプログラムや，オフラインサーバであっても Cron 登録が必要なものについては，本庁火山課の VOIS 担当者によるリリースが必要であり，庁内手続きに従って行う．

リリース作業については，東京オフラインサーバを使ってリリース担当用のアカウント（system）で行う．各開発担当者は，コンパイルや動作確認方法が記載された資料を前もってリリース担当者に報告しておき，それに基づいてリリース及び動作確認を行う．

リリース後，リリース担当者は使用したすべての情報（ソースプログラム，ヘッダーファイル，Makefile，リリース後のプログラムの日付及びサイズに関する情報など)を tar プログラムで一本化し，所定のディレクトリに作業日付を付加して保存する．

気象庁プログラムについては，系切り離し・組み込みを必須としないものが多いため，リリース対象のプログラムについては，動作させたまま別名（正規名称＋リリース日時分秒）に置き換えるようにしている．そうすることでリリース前に系切り離しやプログラムの終了を各火山センターにお願いすることがなくなり，万一プログラムに不具合が見つかった場合に，リリース担当者以外で元のバージョンに簡単に戻せるという利点がある．

６ 被災時の対応（BCP での作業）

VOIS2 は，各火山センターに整備していた VOIS1 を集約し，気象庁国内基盤網を基幹ネットワークとして利用する，気象庁本庁と福岡管区気象台の２か所に中枢システムを配置したシステムである．VOIS1 と同様，VOIS2 でも，すべての装置（連絡事務所を除く）は冗長化されており，機器障害が発生してもほとんどの場合は業務が継続できる．さらに，全国の火山観測データを東京と福岡の両中枢に収集し解析が行えるようになっているため，VOIS1 では不可能であった，例えば福岡火山センターが被災し，福岡 VOIS が機能しなくなった場合の業務継続計画（Business Continuity Plan，BCP）として，東京中枢を使って東京火山センターが代行すれば，福岡管内の火山活動監視が継続して行うことができる．また，札幌など被災していない火山センターも東京中枢に接続することで，各管内の活動監視が可能である．

6.1　「なりすまし」による報知

VOIS2 では，H/W などのシステム監視のほか，全国の火山観測データを対象にした異常検知を行っており，通常，当該機器を設置した，または当該観測点を所管するセンターでのみ音声報知される仕組みとなっているが，業務代行に備えて，通常時には報知されない他センター分の音声報知を行う仕組みである「なりすまし」の機能を追加した（図 21）.

音声報知される事象が発生すると，報知用メッセージが監視サーバにいったん集められ，当該監視サーバに接続された各センターの監視端末に必要なメッセージを配信し，監視端末側で音声報知やログ表示を行うが，「なりすまし」では，あたかも被代行センターの監視端末から接続したかのように見せかけ，受信した被代行センター分のメッセージを音声報知やログ表示を行うものである.

なお，音声報知の対象として，システム監視によるものと火山観測データの異常検知によるものがあり，音声報知が不要な場合には起動時に個別に抑止することができる．また，火山観測データの異常検知については，起動後に火山の追加や絞り込みができる.

6.2　被災時の切り替え作業

中枢システムが被災した場合，使用する中枢を変更することで業務継続が可能になるが，問題は中枢間で検測等のデータをどのように同期をとるか（一致させるか）である.

同期が必要なイベント関連データについて，VOIS2 では DB を管理する MySQL のレプリケーション機能を用いて，中枢間での同期をとることにした.また,それぞれの中枢で主たる書き込み先を別々にし，通常時は，自動処理，会話処理とも，東京中枢では東京用の TB に，福岡中枢では福岡用の TB にアクセスするように設定した．こうすることで，ネットワーク障害等により中枢間の同期がとれない場合でも，各中枢での処理に影響が出ないようにしている（図 22）.

札幌，仙台，鹿児島が被災した場合は，東京または福岡火山センターが，引き続き福岡中枢を使って代行すれば良いので，特段の作業は必要ないが，気象庁本庁または福岡管区気象台が被災した場合は当該中枢の処理装置が使用できなくなるため，業務を継続するためには残りの中枢に切り替えての作業となる.

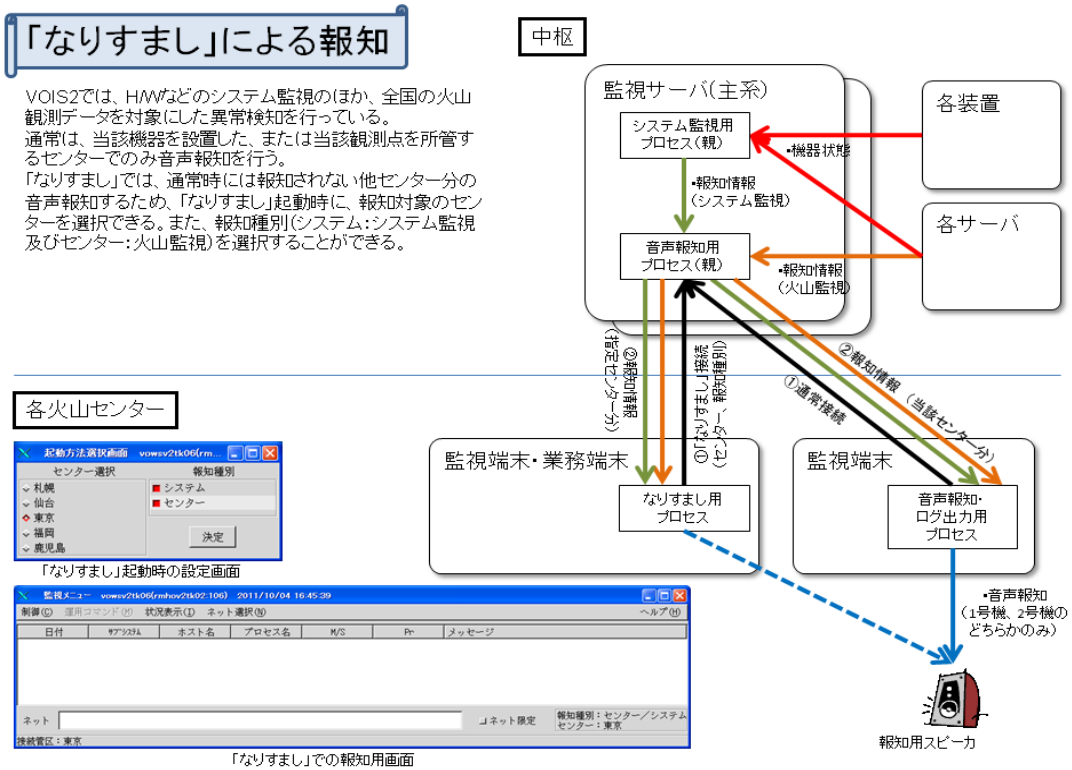

図 21　「なりすまし」時の報知フロー

6.2.1　気象庁本庁が被災した場合

気象庁本庁が被災した場合は，第 1 順位として仙台火山センターが東京火山センターの業務を代行する（図 23）．

これまで通り福岡中枢を使うことから，端末装置の接続先の変更は不要である．東京火山センターを選択後，業務処理サーバや会話処理サーバの業務メニューを起動し，東京火山センターの代行業務は全てこのメニューから行う．

一方，福岡中枢では，東京中枢との間で DB 間の同期がとれなくなっており，仙台火山センターが東京代行として会話処理を行う際に，当該 TB には自動処理結果が書き込まれていない．自動処理結果について，東京中枢に代わって福岡中枢の業務処理サーバが，障害発生直後分から当該 TB に書き出すよう，また障害発生直後のための操作を行う．また，東京中枢の機器等が復旧した場合に，東京中枢から書き込みが予期しないで行われないよう，レプリケーション機能の停止も合わせて行う．

また，外部媒体収録や連続波形印刷等，東京中枢を使って行っている処理についても，設定変更等により，福岡中枢で行う．

ネットワークも含めて東京障害が回復すれば，上記の設定をもとに戻す．

6.2.2　福岡管区気象台が被災した場合

福岡管区気象台が被災した場合は，東京火山センターが福岡火山センターの業務を代行する．また福岡中枢を使用している札幌，仙台の各火山センター及び鹿児島地方気象台においては，東京中枢に接続先を切り替えて，業務を継続する（図 24）．

東京中枢における，レプリケーション機能の停止や自動処理結果の福岡 TB への書き込み開始等については，気象庁本庁が被災した場合と同等の作業を行う．

6.2.3　札幌または仙台管区気象台が被災した場合

札幌または仙台管区気象台が被災した場合は，東京火山センターが当該火山センターの業務を代行する（図 25）．

当該火山センターが被災するまで接続していた福岡中枢には異常はないので，東京火山センターは代行作業で使用する端末装置を福岡中枢に接続し，当該火山センターの業務の代行を行う．

6.2.4　鹿児島地方気象台が被災した場合

鹿児島地方気象台が被災した場合は，福岡火山センターが業務の代行を行う（図 26）．

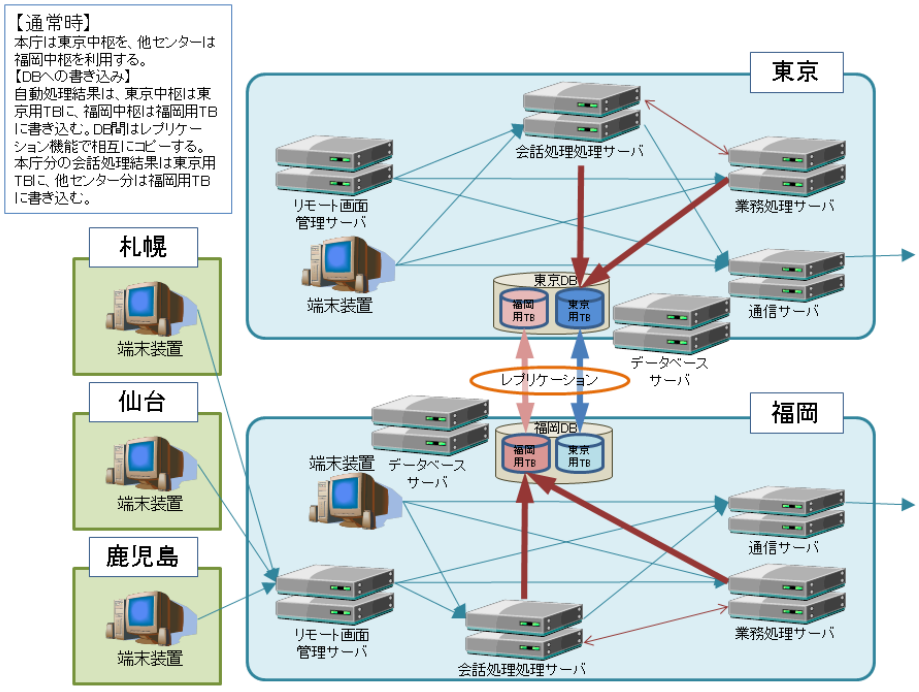

図 22 データベースへの書き込み（通常時）

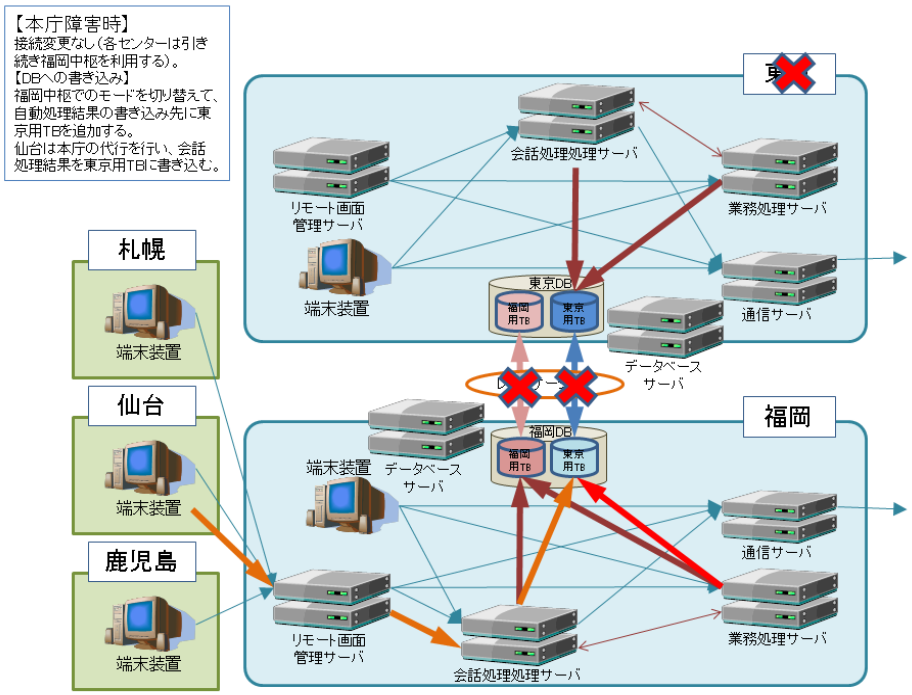

図 23 データベースへの書き込み（本庁被災時）

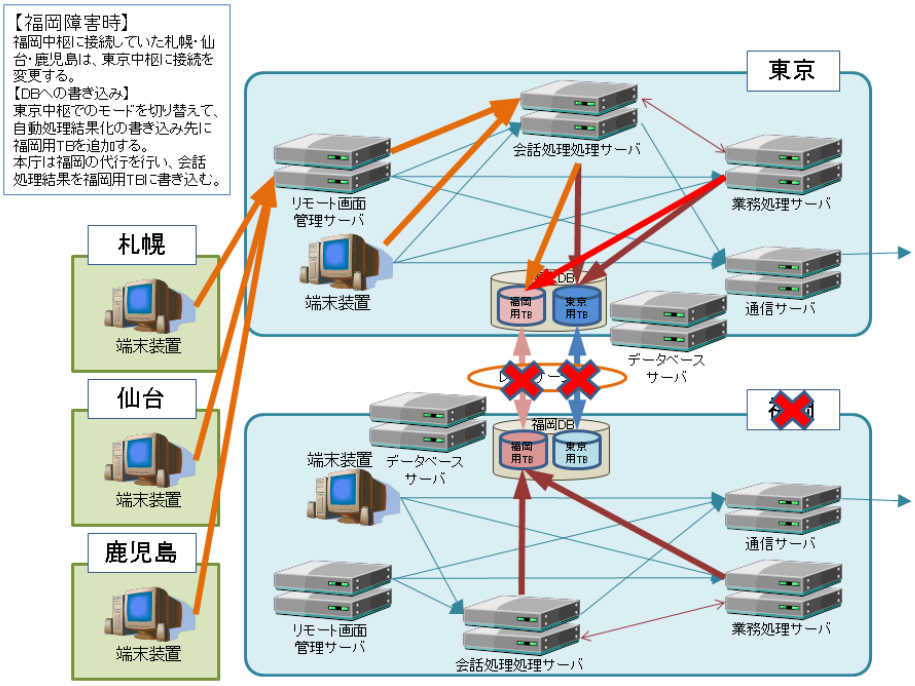

図 24 データベースへの書き込み（福岡被災時）

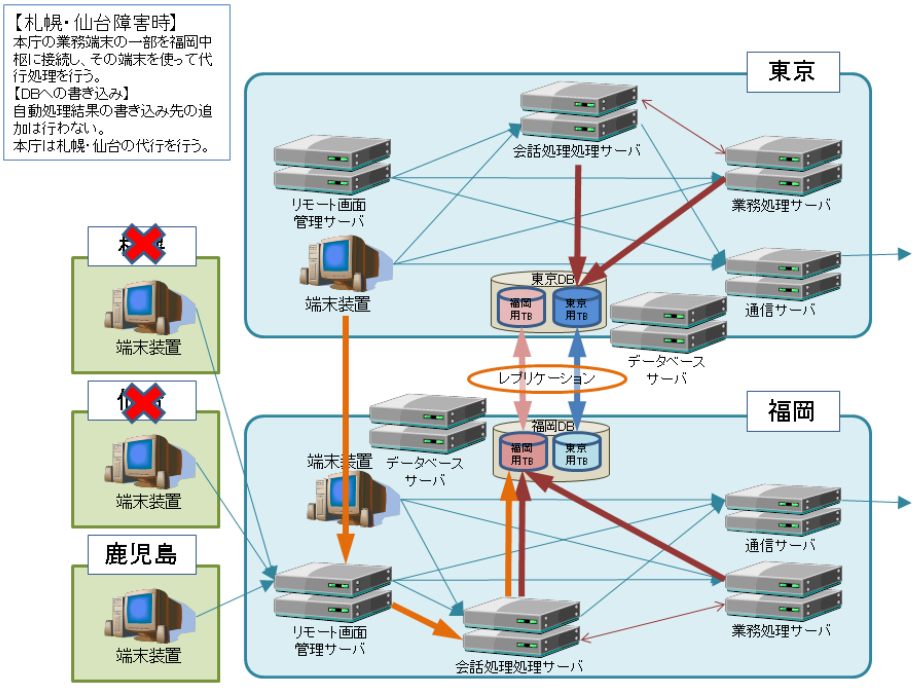

図 25 データベースへの書き込み（札幌・仙台被災時）

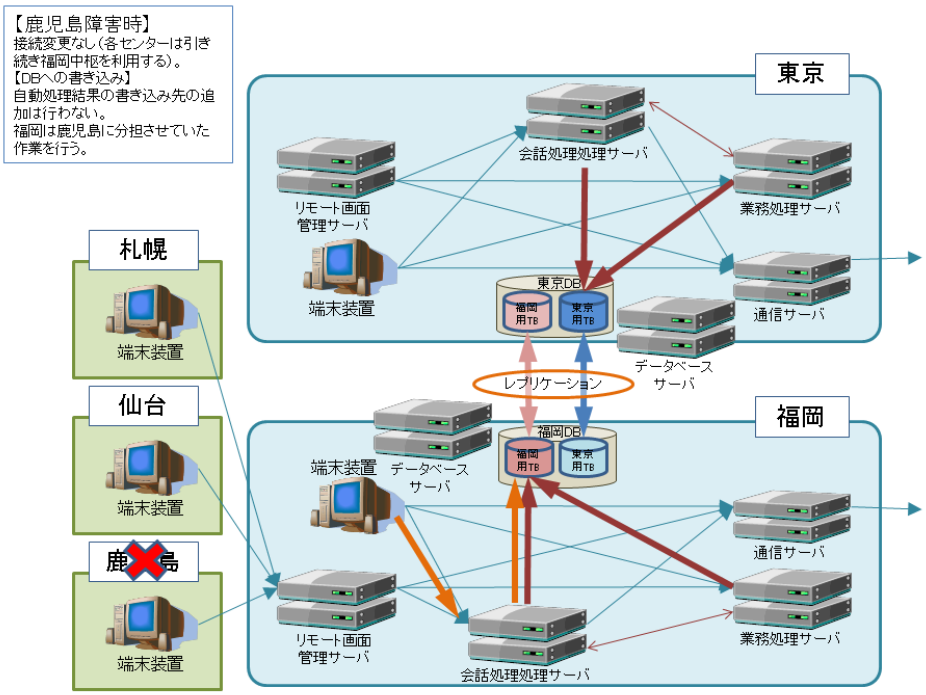

図 26 データベースへの書き込み（鹿児島被災時）

福岡火山センターが管轄する鹿児島県内の火山について，鹿児島地方気象台が分担して監視等を行っているので，他の火山センターの被災時とは異なり，特段の接続換えは必要ない．

７　VOIS2 の課題と今後

VOIS2 は，EPOS や REDC で実績のあるインフラ（4.1.4 小節参照）を導入し，また，自動処理や会話処理などについては，VOIS1 での機能を踏襲して基本的な機能については確保できたことから，安定的に使用できるシステムが整備できた．また，VOIS1 を集約し二中枢システムにしたことで，BCP に対応できるようになったこと，若干ではあるが札幌や仙台火山センターにおけるシステム管理の労力が軽減できた．

ただし，二中枢システムについては，EPOS や REDC での実績があるとはいえ，被災した場合の業務継続については，未経験な部分も多く，さらなる検証や準備が必要である．

また，VOIS1 では波形データを中心としたシステムであり，VOIS2 では EPOS の地殻業務処理を導入するなど機能強化を図ってはいるが，火山業務における地殻変動データの重要性が高まる中，気象研究所で開発したプログラム（火山用地殻活動解析支援ソフトウェア，MaGCAP-V（福井，2008）との連携等が必要である．

現在の降灰予報では降灰範囲しか予測できていないが，降灰量も含めた内容の高度化を図るためには NAPS の活用が必須であり，一部システムの見直しが必要である．

８　おわりに

地震火山部整備グループが中心となって VOIS2 を整備しており，本稿はグループを代表して執筆させていただいたものである．

VOIS1 の紹介文も験震時報に掲載されているが，それに比べるとかなりの分量になってしまった．その理由としては，各火山センターの VOIS 担当者だけでなく，VOIS 以外のシステムを担当されている方や今後 VOIS を担当したい方に，VOIS の特徴を知っていただきたく，思い入れも含めてかなり細かな部分まで解説したためである．

本稿執筆後に降灰予測計算を更新された NAPS で行う等，多少状況が変化している部分もあるが，読者が担当されているシステムの改善や今後のシステム構築の参考になれば幸いである．

謝辞

地震火山部整備グループ，火山課の舟崎淳火山対策官，荒谷博課長補佐の各位には，内容のチェックをしていただいた．また，査読者である秋田地方気象台の関根一男次長には，より分かりやすい表現となるようアドバイスをいただいた．ここに感謝する．

文献

石黒真木夫・佐藤忠弘・田村良明・大江昌嗣（1984）: 地球潮汐データ解析 －プログラム BAYTAP の紹介－, 統計数理研究所彙報, **32**, 71-85.

碓井勇二 (2004): 火山監視・情報センターシステム（VOIS）の紹介, 験震時報, **68**, 47-55.

卜部卓・束田進也 (1992): win－微小地震観測網波形検測支援のためのワークステーション･プログラム（強化版）, 日本地震学会予稿集, **2**, 331.

尾崎友亮 (2004): 新 EPOS（Earthquake Phenomena Observation System : 地震活動等総合監視システム）の紹介, 験震時報, **68**, 57-75.

地震予知情報課 (1998): 地域地震情報センターデータ処理システム（REDC）の紹介, 地震火山技術通信, **73**, 19-35.

福井敬一 (2008): 火山用地殻活動解析支援ソフトウェアの開発．気象研究所技術報告第 53 号「火山活動評価手法の開発研究」, 123-140.

横山博文 (1995): X ウインドウシステムを用いた地震活動解析プログラム, 験震時報, **60**, 37-51.

（編集担当 坂井孝行）

表1 設置機器一覧

		本庁	福岡	札幌	仙台	鹿児島	連絡事務所
処理装置							
1	業務処理サーバ	2	2	−	−	−	−
2	会話処理サーバ	2	2	−	−	−	−
3	通信サーバ	2	2	−	−	−	−
4	監視サーバ	2	2	−	−	−	−
5	データベースサーバ	2	2	−	−	−	−
6	画面管理サーバ	2	2	−	−	−	−
7	オフラインサーバ	1	1	1	1	1	−
8	外部媒体収録端末 ・DVD書き込み装置	2	2	−	−	−	−
9	ディスク装置 （会話サーバ・監視サーバ用）	2	2	−	−	−	−
10	ディスク装置 （データベースサーバ用）	1	1	−	−	−	−
11	コンソール装置（UNIX用）	2	2	−	−	−	−
12	コンソール装置（Linux用）	1	1	−	−	−	−
端末装置							
1	業務端末（LINUX＋Windows）	3	3	3	3	2	1
2	業務端末（LINUX）	3	3	3	3	—	−
3	監視端末	2	2	2	2	2	−
4	カラープリンタ	2	2	2	2	2	1
ネットワーク装置							
1	L3スイッチ（基幹）	2	2	−	−	−	−
2	L3スイッチ（端末接続用）	−	−	2	2	2	−
3	ルータ	−	−	−	−	−	1
4	L2スイッチ	6	6	−	−	−	−
5	NTPサーバ	−	1	−	−	−	−

表2 ハードウェアスペック一覧

	機種名	OS	CPU			メモリ	ディスク	その他
処理装置			クロック/キャッシュ	数	コア	容量	論理容量	
1 業務処理サーバ	NX7700i/5012L-8	HP-UX 11iv3	1.42GHz/12M	4	8	16GB	146GB	
2 会話処理サーバ	NX7700i/5012L-4	HP-UX 11iv3	1.42GHz/12M	2	4	16GB	292GB	CPUはデュアルコア 内蔵HDDはRAID1
3 通信サーバ	NX7700i/5012L-4	HP-UX 11iv3	1.42GHz/12M	1	2	8GB	146GB	
4 監視サーバ	NX7700i/5012L-4	HP-UX 11iv3	1.42GHz/12M	1	2	8GB	148GB	
5 データベースサーバ	Express5800/R120a-2	Red Hat Enterprise Linux 5	2.93GHz/8M	2	8	10GB	146.5GB	CPUはクアッドコア 内蔵HDDはRAID1
6 リモート画面管理サーバ	Express5800/R120a-2	Red Hat Enterprise Linux 5	2.93GHz/8M	2	8	10GB	146.5GB	
7 オフラインサーバ	NX7700i/5012L-4	HP-UX 11iv3	1.42GHz/12M	1	2	4GB	146GB	CPUはデュアルコア 内蔵HDDはRAID1
8 外部媒体収録端末 ・DVD書き込み装置	Express5800/51Lf WP-55T	Windows XP Professional SP3	3GHz	1	2	3GB	160GB	CPUはデュアルコア 内蔵HDDはRAID1
9 ディスク装置 （会話サーバ・監視サーバ用）	iStorage D3-10	−	−	−	−	−	4TB	
10 ディスク装置 （データベースサーバ用）	iStorage D3-10	−	−	−	−	−	588GB	
11 コンソール装置（UNIX用）	VY18L/E-8	Windows XP Professional SP3	1.8GHz	1	2	1GB	80GB	CPUはデュアルコア
12 コンソール装置（Linux用）	−	−	−	−	−	−		
端末装置								
1 業務端末（Linux＋Windows）	Express5800/51Lf	Red Hat Enterprise Linux 5 Desktop with Workstation option ＋ Windows XP Professional SP3	3GHz	1	2	3GB	160GB	CPUはデュアルコア 内蔵HDDはRAID1
2 業務端末（Linux）	Express5800/51Lf	Red Hat Enterprise Linux 5 Desktop with Workstation option	3GHz	1	2	3GB	160GB	
3 監視端末	Express5800/51Lf	Red Hat Enterprise Linux 5 Desktop with Workstation option	3GHz	1	2	3GB	160GB	
4 カラープリンタ	IPSiO SP C721	−	−	−	−	−	−	
ネットワーク装置								
1 L3スイッチ（基幹）	Catalyst3750-E-24TD-E-SSH	−	−	−	−	−	−	
2 L3スイッチ（端末接続用）	Catalyst3750-E-24TD-S-SSH	−	−	−	−	−	−	
3 ルータ	IP45/C1841	−	−	−	−	−	−	
4 L2スイッチ（端末接続用）	Catalyst2960G-24TC-L-SSH	−	−	−	−	−	−	
5 L2スイッチ（画面転送用）	Catalyst2960G-8TC-L-SSH	−	−	−	−	−	−	
6 タイムサーバ	TS-2540GPS	−	−	−	−	−	−	

1ページ