

JNC TJ7410 2005-009

1
図書室

瑞浪超深地層研究所における
坑内情報管理システムの調査および構築

報 告 書

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

平成 15 年 3 月

三井鉱山エンジニアリング株式会社

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課
電話：029-282-1122（代表）
ファックス：029-282-7980
電子メール：jserv@jnc.go.jp

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan

© 核燃料サイクル開発機構
(Japan Nuclear Cycle Development Institute) 2005

瑞浪超深地層研究所における
坑内情報管理システムの調査および構築
(平成14年度)

坂井 哲郎¹⁾

要 旨

超深地層研究所は、核燃料サイクル開発機構(以下、「サイクル機構」とする)が東濃鉱山とその周辺で行っている地層科学研究を一層拡充するために、サイクル機構が瑞浪市より貸与された用地の山野内・戸狩地区に建設を計画しているもので、地上施設と地下数100 mから1,000 mに至る地下施設とから構成される。

超深度の地下の研究施設建設に当たっては、通常の地上施設と異なり様々な特殊条件があるため、公開施設であることを踏まえて坑内環境と防災を十分に考慮した設計を行う必要がある。特に地上との出入り口が限られた条件下での通気システムや防災システムは、施設の根幹を為すものと考えられる。また研究坑道の掘削工事においては、坑内管理システムとして、それぞれが独立した①入出坑管理システム、②火災管理システム、③環境管理システム、④通信管理システム、の4つのシステムを構築する計画である。

本契約業務では、これらのシステムを連鎖させ、坑道から取得されたデータ、情報を運用することによって、超深地層研究所研究坑道の通気・防災システムが効果的に機能するための坑内情報管理システムを構築した。まず坑内情報の管理システムについて概要を調査し、地下施設の情報監視、制御からなる情報管理システムの具備すべき機能について検討を行った。次に石炭鉱山とトンネル等の土木地下施設について事例調査を行い、瑞浪超深地層研究所の情報管理システムの基本計画を策定した。この結果、策定した基本計画に基づき、坑内異常判断システムを構築し、基本プログラムの開発を行った。さらにGISによる情報統合化、最適避難ルート検索システム、情報表示システム等の構築を行い、一部表示システムの開発を行った。

本報告書は、三井鉱山エンジニアリング株式会社が核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務の成果である。

契約番号：1406A01383

機構担当部課室：

東濃地科学センター 施設計画グループ

1) 三井鉱山エンジニアリング株式会社 資源開発第一部

March, 2003

Study for Underground Information Management System of the Mizunami Underground Research Laboratory

Tetsuo Sakai ¹⁾

ABSTRACT

The Mizunami Underground Research Laboratory (MIU) is planned to be constructed at Yamanouchi-Togari site, Mizunami City. A wide range of geoscientific research and development activities which have been performed in and around the Tono mine is planned to be expanded in the laboratory. The MIU is consisted of the surface and the underground facilities down to the depth of about 1,000 meters.

Careful underground design should be planned for construction of MIU to keep comfortable working circumstance and disaster prevention because of its serious conditions such as quite a deep construction from the surface and opened laboratory to the public. Especially, suitable ventilation system and disaster prevention system are required to this laboratory under the condition of limited accesses to the surface. In this purpose, construction of four independent information management systems are planned, i.e. a) man location system, b) disaster management system, underground environment management system, d) communication management system.

In this work, Integrated Underground Information System of the MIU, which makes ventilation and disaster prevention system perform efficiently, by closer cooperation with four management systems noted above, has been constructed. At first, the function to be furnished for underground information management system has been studied and illustrated by some examples of underground construction. Based on such as studies, fundamental information management plan has been constructed. Also detecting system of unusual underground condition, GIS GIS (Geographical Information System) information unification system, best rout detecting system and information display system has been constructed. Furthermore, borne program and a part of presentation system using has been developed.

This work was performed by Mitsui Mining Engineering Company Limited under contract with Japan Nuclear cycle Development Institute. (Contract number 1406A01383)

JNC Liaison : Shin-ichiro Mikake, Geoscience Facility Construction Group,
Tono Geoscience Center

1) Mitsui Mining Engineering Corporation Limited, Mining Engineering
Department

2003年3月

瑞浪超深地層研究所における
坑内情報管理システムの調査および構築
(平成14年度)

担当者一覧

実施責任者	三井鉱山エンジニアリング株式会社	金子 宣弼
実施担当者	三井鉱山エンジニアリング株式会社	坂井 哲郎
研究業務担当	三井鉱山エンジニアリング株式会社	柿崎 厚
	三井鉱山エンジニアリング株式会社	坂井 哲郎
	三井鉱山エンジニアリング株式会社	上原 正文
	三井鉱山エンジニアリング株式会社	奥園 昭彦
	三井鉱山エンジニアリング株式会社	山寄 謙一
	三井鉱山エンジニアリング株式会社	柏瀬 陽一
	三井鉱山エンジニアリング株式会社	米山 明

瑞浪超深地層研究所における
坑内情報管理システムの調査および構築
(平成14年度)

目 次

1. 業務の概要	1
1.1 業務件名	1
1.2 業務の目的	1
1.3 業務の範囲	1
1.4 業務概要	2
1.4.1 坑内情報の管理システムの事例調査及び構築	2
1.4.2 通気異常特定システムの構築	2
1.4.3 火災影響範囲予測システムの構築	3
1.4.4 避難ルート検索システムの構築	3
1.4.5 情報表示システムの構築	4
1.4.6 報告書作成	4
1.5 瑞浪超深地層研究所における坑内情報管理システムの調査および構築作業手順	5
1.5.1 作業手順	5
1.5.2 作業フロー	5
1.6 業務場所	6
1.7 業務実施体制	6
1.8 特記事項	7
2. 地下施設の情報の管理システムの概要	8
2.1 地下施設の情報管理の開発経緯と概要	8
2.2 地下施設の情報管理機能	9
2.3 地下施設の情報処理システムの分類	12
2.3.1 情報処理の機能による分類	12
2.3.2 情報処理システム別の概要と特徴	13
2.3.3 坑内情報処理システムの選定基準	14
2.4 地下施設の情報管理手法	15
2.4.1 センサによる集中監視	15
2.4.2 情報統合管理による異常把握、最適通気制御	16
3. 地下施設の情報の管理システムの事例調査	18
3.1 石炭鉱山における事例	18

3.1.1	三池炭鉱	19
3.1.2	赤平炭鉱	26
3.1.3	太平洋炭鉱	28
3.2	地下研究施設の例	35
3.3	青函トンネルにおける事例	37
3.3.1	トンネル概要	37
3.3.2	防災コンセプト	37
3.3.3	トンネル内情報監視システム	37
3.3.4	坑口通気設備	39
3.3.5	トンネル内防災・避難システム	40
4.	坑内情報管理システム基本計画	42
4.1	坑内情報管理システムの基本機能	42
4.1.1	基本機能	42
4.1.2	機能構築に必要な情報	43
4.2	坑内情報管理システムの基本構成	47
4.2.1	システム概要	47
4.2.2	基本構成	47
4.3	サブシステム	51
4.3.1	解析機能	51
4.3.2	分析機能	52
4.3.3	表示機能	54
4.3.4	制御・指示機能	56
4.3.5	防災マニュアル	56
5.	坑内情報管理システムの構築	58
5.1	坑内異常判断システムの構築	58
5.1.1	異常判断システムの理論構成	58
5.1.2	坑内異常判断システムの構築	65
5.2	避難ルート検索システムの構築	80
5.2.1	分析手法	80
5.2.2	GIS によるネットワーク検索機能	81
5.3	表示機能およびグラフィカルユーザーインターフェースの構築	83
6.	まとめ	89

瑞浪超深地層研究所における
坑内情報管理システムの調査および構築
(平成14年度)

目 次

図 1-1	作業フロー	5
図 2-1	集中監視計測系統図(例)	11
図 3-1	システムの機能構成	20
図 3-2	プラント監視サブシステム	20
図 3-3	システム支援サブシステム	21
図 3-4	保安情報処理サブシステム	21
図 3-5	リクエスト機能メニュー	23
図 3-6	総括画面	24
図 3-7	初期事態掌握マニュアル	24
図 3-8	緊急対応フローチャート	25
図 3-9	払跡 CH ₄ 、CO 監視 ハードウェアの構成	27
図 3-10	払跡 CH ₄ 、CO 監視 ソフトウェアの構成	28
図 3-11	システム構成概念図	29
図 3-12	坑内及び監視装置設置概念図	36
図 3-13	青函トンネル概念図	37
図 3-14	トンネル内情報監視システム概念図	39
図 4-1	坑内情報管理システム基本機能情報処理概念フロー	46
図 4-2	情報管理システム概念図	49
図 4-3	坑内情報管理システム 情報フロー	50
図 4-4	最適避難ルート解析概念図	53
図 4-5	坑内定常時および異常時情報監視機能の概念	55
図 4-6	通気制御・指示機能の概念	57
図 5-1	平常時の通気抵抗、風量、圧力を示した通気網	60
図 5-2	坑道に異常が生じた場合の通気抵抗の変化にともなる風量変化	60
図 5-3	風量要素を用いた異常時の風量計算結果	61
図 5-4	基本プログラム開発フロー	66
図 5-5	プログラムの処理流れ及び入出力ファイル図	67
図 5-6	最適避難ルート解析概念図	82

図 5-7	システムメイン画面	84
図 5-8	3D 地表表示画面	85
図 5-9	2D 詳細表示 (風量)	86
図 5-10	3D 詳細表示 (風量)	87
図 5-11	システムメイン画面 (異常時)	88

瑞浪超深地層研究所における
坑内情報管理システムの調査および構築
(平成14年度)

表 目 次

表 1-1	作業スケジュール.....	6
表 2-1	情報処理システムの分類.....	12
表 3-1	維持坑道長（平成3年度）.....	18
表 3-2	集中監視測定点数（平成2年度）.....	18
表 3-3	システム機能概要.....	22
表 3-4	総合管理システム導入経過.....	29
表 3-5	監視・制御項目.....	30
表 4-1	坑内情報の整理とモデルへの対応.....	45
表 5-1	マッチング法による異常風道の推定結果.....	63
表 5-2	風量測定部の圧力差.....	63
表 5-3	風丸のディレクトリ構成.....	68
表 5-4	基本プログラムディレクトリ構成.....	69

1. 業務の概要

1.1 業務件名

瑞浪超深地層研究所における坑内情報管理システムの調査および構築

1.2 業務の目的

核燃料サイクル開発機構(以下、「サイクル機構」とする)が計画している超深地層研究所研究坑道は、深度約1,000mに達する超大深度立坑と水平坑道からなり、立坑と水平坑道は様々な深度で接続されることになる。本業務では、類似の地下坑道(トンネル、鉱山など)での坑内情報管理システムを構築する。

研究坑道掘削工事においては、坑内管理システムとして、それぞれが独立した次の4つのシステムが構築される。

- ①入出坑管理システム
- ②火災管理システム
- ③環境管理システム
- ④通信監視システム

本業務では、これらのシステムを連鎖させ坑道から取得されたデータ、情報を運用出来るシステムの構築を行う。

1.3 業務の範囲

- (1) 坑内情報の管理システムの事例調査及び構築
- (2) 通気異常特定システムの構築
- (3) 火災影響範囲予測システムの構築
- (4) 避難ルート検索システムの構築
- (5) 情報表示システムの構築
- (6) 報告書作成

1.4 業務概要

1.4.1 坑内情報の管理システムの事例調査及び構築

1) 坑内情報の管理システムの事例調査

坑内において防災上必要となる情報管理システムについて、類似の地下坑道での坑内の情報管理に関する事例調査を行い、超深地層研究所の研究坑道における坑内情報を管理するために必要な基本的な機能を構築する。

類似の地下坑道での情報管理に関する事例調査は、日本の炭鉱やトンネル等を対象とする。また基本機能の構築は、情報管理システムのあり方について基本計画を策定する。

2) 坑内情報管理システムの構築

システムの構築においては、汎用の通気網解析プログラムを解析に用い、システムの検証には東濃鉱山の通気データ、気象データ、マンロケーションデータ等の既存データを利用する。システムの構築の際には、施工段階毎に導入すべきシステムの考え方を明確にした上で、4.2～4.5 で記載した項目を実施する。

システムの検証に用いるモデルは東濃鉱山の坑内とし、超深地層研究所の施工段階ごとに適用可能な基本機能と表示システムを構築するものとする。また情報の統合化、判断基準の設定には、地理情報システム (Geographical Information System - GIS) の分析機能を採用する。

1.4.2 通気異常特定システムの構築

1) 通気異常判断システムの構築

通気網解析結果と坑内通気センサからの計測データを比較することで坑内の異常を検知するシステムを構築する。

比較の対象となる計測データは、風量(風速)、温度、湿度、絶対圧力があるが、ここでは最も取り扱い易い風量を対象とする。解析は有意な気象変化と考えられる特定時間ごとにリアルタイム通気網解析を行い、計測データとの比較によって異常が検知された時に、計測値を坑内異常箇所と原因特定を行うシステムに送り込むプログラムを開発する。この時、初期の火災で風量変化よりも CO や煙の検知により火災の発生が予想された時の対応についても検討する。

2) 坑内異常箇所の検索システムの構築

センサが設置されている通気回路で異常が発生した場合の風量変化パター

ンを、事前に異常状況毎にシミュレーションした異常状況パターンデータベースの風量と比較し、最も良く一致したパターンから異常発生箇所を想定する異常検知プログラムを開発する。本年度は東濃鉱山の特定箇所における火災を想定した模擬信号を作成し、検証に用いる。

3) 坑内異常ルート検索システムの構築

センサが設置されている坑道の風量が増減した時に発生する圧力変化から、異常が発生した通気回路(ルート)を想定する異常検知プログラムを開発する。本年度は東濃鉱山の特定箇所における火災を想定した模擬信号を作成し、検証に用いる。

4) 坑内異常箇所及び原因特定システムの構築

坑内の特定箇所では異常(火災)が発生した時の風量と圧力変化をシミュレーションし、データベースとして蓄積するシステムを開発する。異常発生源(火源)と異常状況(火災温度)は、設備設置状況や可燃物によって想定する。本年度は東濃鉱山の特定箇所における火災を想定した模擬信号を作成し、検証に用いる。

1.4.3 火災影響範囲予測システムの構築

1) 最適通気制御方式検索システムの構築

事前に種々の通気制御パターンと火源及び状況を組み合わせたシミュレーションを行いデータベースに蓄積し、特定された火源及び状況に対し避難ルートと避難時間を確保するのに最も適した通気制御方式を検索するシステムを構築する。本年度は東濃鉱山の特定箇所における火災を想定した模擬信号を作成し、検証に用いる。

2) 火災影響範囲予測システムの構築

通気制御時の火災時解析によって得られた火災ガスフロントの挙動から、時間経過毎の火災影響範囲を自動的に予測するシステムを開発する。

1.4.4 避難ルート検索システムの構築

1) 避難シミュレーションシステムの構築

入坑者ごと(入坑者グループの位置ごと)の避難ルートごとの避難に要する時間を求め、火災影響範囲から避難中の入坑者が受ける危険度を求め、最も危険度が小さいルートを決める避難シミュレータを構築する。ここで、危険度は遭遇する火

災ガスの CO 濃度、遭遇時間、高低差を考慮した疲労度などから求めた避難者の血中 CO 濃度をパラメータとする。

本システムは GIS の分析機能を活用し、避難の出発点と到達点をあらかじめ想定してルートごとの危険度を算出、評価するシステムとする。

2) 避難方法指示システムの構築

決定された最適避難ルートを通信設備への自動送信手段により入坑者に指示するシステムを構築する。通信設備は PHS、電話、ID タグ、誘導無線方式など複数の手段で個別通信、一斉通信に対応出来ることを念頭に置くが、本年度は東濃鉱山の PHS 方式をベースとして検討を進める。

3) 避難方法データベースの構築

避難シミュレータにより最も危険度が小さいルートを決定するための時間を短縮するため、事前に入坑者の位置ごとに避難ルートを検索し、避難に要する距離や時間を計算し、データベースに蓄積するシステムを立案する。

4) 通気制御指示システムの構築

火災影響予測ブロックで求められた最適通気制御方法に基づき、通気設備を稼働させる通気制御シミュレータを構築する。制御する通気設備の対象としては、通気門の扉及び開口部の開閉、ファンの運転、停止、逆転とし、本年度はこれらの制御信号を出すためのシステムを立案する。

1.4.5 情報表示システムの構築

下記の情報を GIS 上で表示するシステムを構築する。

- ① 通気情報常時表示
- ② 火源・状況表示
- ③ 火災影響範囲表示
- ④ 避難ルート表示
- ⑤ その他必要情報表示

1.4.6 報告書作成

坑内情報管理システムの事例調査及び超深地層研究所における坑内情報管理システムの構築に関し報告書形式に纏めると共に、システム開発の結果を記載した報

告書を作成する。

1.5 瑞浪超深地層研究所における坑内情報管理システムの調査および構築作業手順

1.5.1 作業手順

表 1-1 に作業スケジュール表を示す。

1.5.2 作業フロー

図 1-1 に坑内情報管理システム構築作業フローを示す。

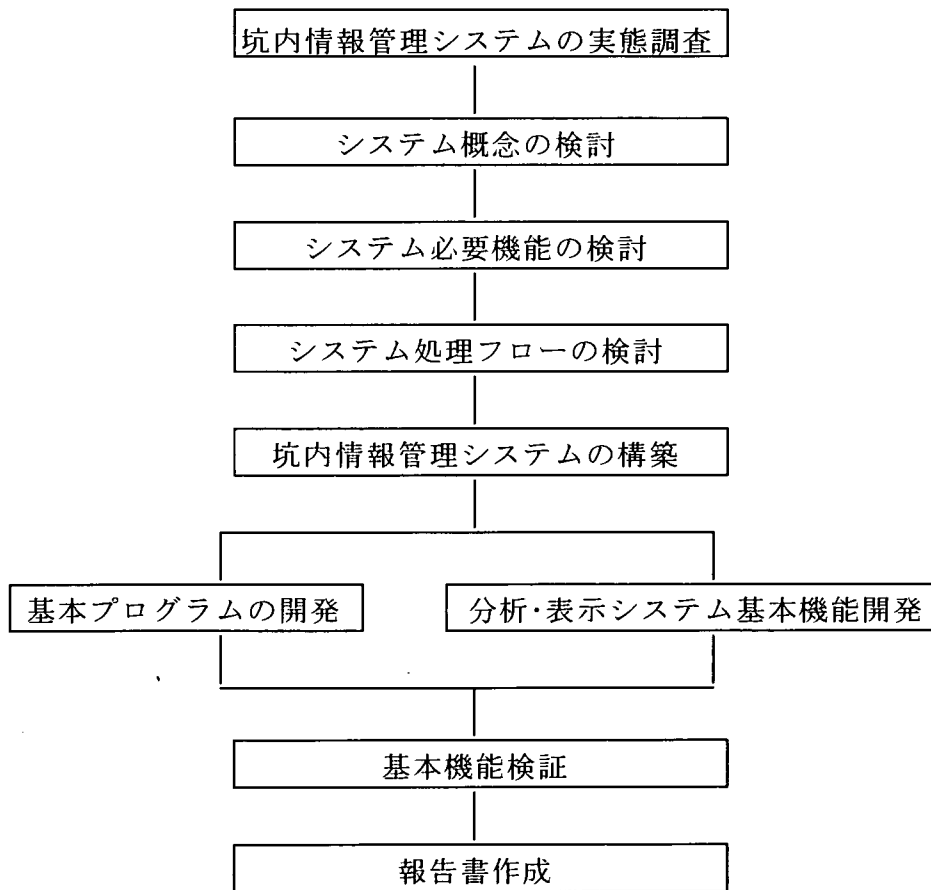


図 1-1 作業フロー

表 1-1 作業スケジュール

	12月	1月	2月	3月
坑内情報の管理システムの事例調査	■■■■■			
通気異常特定システムの構築		■■■■■		
火災影響範囲予測システムの構築		■■■■■		
避難ルート検索システムの構築			■■■■■	
情報表示システムの構築			■■■■■	■■■■■
報告書作成				

1.6 業務場所

〒104-0032 東京都中央区八丁堀1丁目13番10号
三井鉱山エンジニアリング株式会社

1.7 業務実施体制

実施責任者 核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター
施設建設グループ

実 施 者 三井鉱山エンジニアリング株式会社

統括・精査

担当者

作業内容

資源開発第一部 - 計画・プログラム開発・解析

常務取締役

資源開発第二部 - 設備機器導入・設置

資源調査部 - GISプログラム開発

事務部 - 契約業務、経理業務

1.8 特記事項

本報告書において用いている「構築」とは計画の策定・立案を意味し、「開発」とはプログラム作成を意味する。

2. 地下施設の情報の管理システムの概要

2.1 地下施設の情報管理の開発経緯と概要

従来、地下の開発は主として鉱山等の鉱物資源採掘の対象として取り扱われてきたが、昨今、日本の狭い国土を反映し、また地下の安定性が着目され、ジオ・フロントとしての活用が注目されつつある。さらに、地下の有効利用や自然保護の観点から、あるいは地層研究を目的として、地下発電所や地下貯蔵施設、地層研究施設など、地下深部に大規模に展開される地下施設建設計画が推進されている。しかし、一般に地下空間の開発・利用には、地上とは異なる防災上の特殊性が存在する。すなわち、①地表との出入り口が限られている、②事故・災害時の地表への避難方向が昇りとなり、時間および体力を要する、③空間容積が狭く暗いため心理的な圧迫感を与える、等である。したがって、これらの特殊性を踏まえた最適設計のためには、地下環境制御技術が不可欠である。地下施設では、の防災には適切な通気管理が重要な要素となる。

特に地下施設が公開施設や公共施設である場合、通気管理による綿密な防災対策を策定する必要がある。防災対策としては、火源管理はもとより、異常事態の早期発見、初期対策、災害拡大防止、避難対策、救助体制構築等の一連の対策が円滑に実施できるような設備と体制を構築しておく必要があるが、最も重要なことは、異常状態を早く察知し、初期対策を施すことである。熟練者でも巡回による異常検知には限界があることと、異常状態は通気に敏感に反映されることから、センサにより坑内環境を常時監視し、情報を効果的に処理して管理者の正しい判断を支援するシステムを構築しておく必要がある。このための手段としてもっとも基本的なものは、情報の収集を主目的とした計測・監視であり、またその情報に基づいた判断・決定を実行するための制御である。これらは一括して監視制御と呼ばれ、対象が距離的に遠方にある場合は「遠方監視制御」、一ヶ所で監視制御を行えば「集中監視制御」と呼ばれる¹⁾。

石炭鉱山において坑外から坑内の状況を計測しようとする試みは、1930年頃西ドイツにおいて行われた気圧測定であると思われる。その後、イギリスにおいても多重伝送等による集中監視が行われている。我が国においては昭和30年代初頭に一部の炭鉱において坑内の排水ポンプや配電設備の遠隔制御がなされているが、まだ系統だったものではなかった。総合的に集中監視が行われたのは昭和37年高島炭鉱での採炭、運搬等の生産設備、排水ポンプや主要ファン等の保安設備、先端設備の集中監視制御が最初のシステムと考えられる。しかし大部分の炭鉱においては、坑内と坑外の緊急連絡装置として昭和42年から44年頃に導入された坑内誘導無線装置が、初歩的ではあるが坑内監視の最初の形態と言える。一方、昭和42年には坑内用可燃性ガス自動警報器が導入され、それ以降メタンガス集中監視装置の開発、昭和51年頃には赤外線式一酸化炭素センサ、昭和54年以降には定電位電解式小型一酸化炭素センサが導入され、

そのほかのセンサ類についても急速に進歩発展してきた。

坑内監視の重要な技術要素として、コンピュータ技術の発展がある。昭和 60 年頃からマイクロコンピュータや大型コンピュータを使用した集中監視システムが現れ、収集したデータの複雑な処理や総合的な判断機能が加わった。また昭和 61 年頃から多くの炭鉱で入昇坑管理システムが導入され、個人情報や労務管理や緊急時の坑内人員の掌握に利用されてきた。

2.2 地下施設の情報管理機能

坑内情報の監視の前提となるのが情報の収集と情報伝達である。情報伝達手段としては、有線通信(電話、信号など)と無線通信がある。無線通信は、複雑、かつ広範囲にわたる坑内条件と移動性の面で、伝送線を使用しない点が優れている。しかし 10 kHz 以上の高周波の使用が条件となり、電波の減衰を防止するため、我が国の炭鉱においては誘導線の敷設による相互無線通信が一般的に行われてきた。一方、定置式センサ類からの情報伝送には有線が用いられるが、近年では確実・迅速性が要求されるため、メタルケーブルに替わり減衰の少ない同軸ケーブルや大容量高速通信が可能な光ファイバーケーブルが使用されるようになってきた。しかしフレキシビリティに欠ける等の問題もあり、目的に応じて適切な伝送ケーブルを選定する必要がある。

坑内各所に設置された設備やセンサからの情報を、現場から遠く離れた箇所まで伝送し、集中的に監視するのが集中監視である。このため少数の人員で情報全体を統括することが出来るため、より円滑、かつ効果的な運営が可能となる。監視項目の対象としては、単に電気的な ON-OFF 信号や計測値の集中監視のみならず、坑内各所の通気状況がガス濃度など、坑内環境、保安状況、切羽設備の稼働状況など多様である。これらの情報は単に監視されるだけでなく、例えばコンベア類の連合運転や非常時の対応など遠隔操作の必要が有る場合もあり、これを集中して行うことにより、少人数による効果的かつ合理的な設備制御が可能となる。このため、情報監視と制御を合わせて、情報管理と称することにする。

集中監視を行う場所は、現場単位管理の場合に作業現場周辺におかれる場合もあるが、一般には坑外の中央管理室(または指令室)である。これは、通常時の管理のみならず、異常時に管理者判断が要求される場合、容易に対応が可能となるためである。このとき、坑内各所に設置されたセンサからのデータは、ブロックごとに送信制御箱により中央管理室に伝送され、受信制御箱を介してコンピュータに送られ処理されて、監視や警報、制御等が可能な情報に置き換えられる。これを情報処理と称する。従って情報管理とは、坑内からの情報の収集、伝送、情報処理、監視、警報、制御等を含んだ一連のシステムを指す。

中央管理室を中心とした監視、計測、制御、指令系統の代表例を図 2-1 に示す。この例では、坑内保安関係諸設備、メタンガス誘導ブローア、巻揚機、採炭切羽諸設備、先端設備、坑口暖房設備などに対してはコンピュータによる監視、計測機能を具備し、主要扇風機、圧縮機、排水設備、揚水設備、発電・変電・配電設備、ベルトコンベアの諸設備は監視、計測、制御機能を完備している。また坑内全域に誘導無線を配備し、一斉通話が可能となっている。

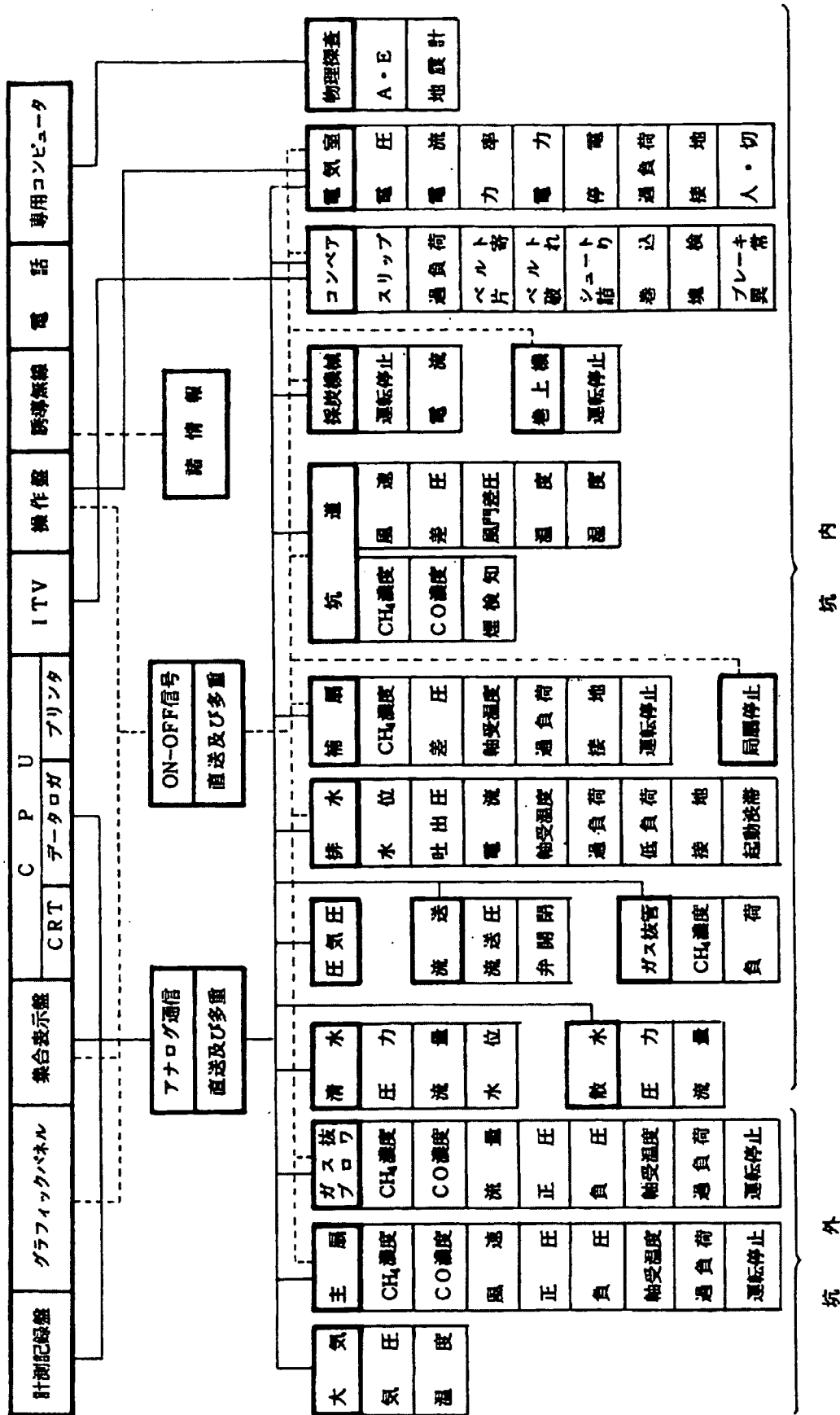


図 2-1 集中監視計測系統図 (例)

2.3 地下施設の情報処理システムの分類

2.3.1 情報処理の機能による分類

情報処理の機能を4つに分類し、機能毎の処理方法の機能レベルを示す²⁾(表 2-1 参照)。

表 2-1 情報処理システムの分類

通気制御・消火 商法処理システム		処理方法	得 失
(a) 情報統合化 管理システム	① 監視機能 ② 異常判断機能 ③ 通気制御機能 ④ 避難指示機能 ⑤ 消火指示機能	中央管理室で集中監視 コンピュータが総合判断 自動通気制御 コンピュータが自動判断 自動+遠隔	システム開発途上 システム開発途上
(b) 集中監視・制御 システム(独立型)	① 監視機能 ② 異常判断機能 ③ 通気制御機能 ④ 避難指示機能 ⑤ 消火指示機能	中央管理室で集中監視 コンピュータが総合判断 自動通気制御 コンピュータが自動判断 自動+遠隔	マニュアル整備、訓練が重要
(c) 集中監視 現場制御	① 監視機能 ② 異常判断機能 ③ 通気制御機能 ④ 避難指示機能 ⑤ 消火指示機能	中央管理室で集中監視 コンピュータが総合判断 自動通気制御 コンピュータが自動判断 自動+遠隔	時間と人手を要し、判断困難 通気制御困難 マニュアル整備、純煉瓦重要 完全消火困難
(d) 集中監視なし	① 監視機能 ② 異常判断機能 ③ 通気制御機能 ④ 避難指示機能 ⑤ 消火指示機能	中央管理室で集中監視 コンピュータが総合判断 自動通気制御 コンピュータが自動判断 自動+遠隔	総合判断困難 時間と人手を要し、判断困難 通気制御困難 避難指示困難 完全消火困難

① 監視機能—現場監視型、中央管理室での集中監視型

現場監視型は情報処理システムを必要としない。従って集中監視型しか選定対象とならない。

② 異常判断機能—現場の人間による調査・判断、コンピュータによる判断

両者共に選定対象となり得る。コンピュータによる判断を主体とし、現場の人間による調査・判断により補助する方法もある。

③ 通気制御機能－現場の人間による手動制御、自動制御

異常状態においては、現場の人間による手動制御は不可能な場合が多い。自動制御の選定が必須となる。

④ 避難指示機能－現場判断、自動判断

現場では広域的な情報収集が不可能で、誤った判断を下すおそれがある。従って、中央管理室判断ないし自動判断の選定が必須となる。

⑤ 消火指示機能－現場判断による手動消火、中央管理室からの遠隔消火、自動消火または遠隔消火と自動消火の併用

消火対象によって消火方法は異なる。従って消火指示機能のレベルは必ずしも選定基準とはならない。

2.3.2 情報処理システム別の概要と特徴

情報処理システムに持たせる機能は、上記の 5 つの機能と処理方法の組み合わせとなるが、妥当な機能と処理機能レベルの組み合わせにより下記の 4 つに集大成した。その概要と特徴は下記の通りである。

(a) 情報統合化管理システム

坑内環境情報、入坑者情報、設備情報など全ての坑内情報を統合化管理し、全てコンピュータにより総合判断および自動制御を行うシステム。瞬時の対応が可能である。技術開発要素を含む。今後の地下情報処理のあるべき姿。

(b) 集中監視・制御システム(独立型)

全ての坑内情報は中央管理室で管理されるが、それぞれの情報が独立している。個々の判断はコンピュータで可能であるが、総合的な最終判断および指示は人間に依存する。基本的技術は確立している。従って既存技術型、従来型とも言える。

(c) 集中監視モニタリング・警報・現場手動通気制御

情報は火災などの災害の検知と中央管理室での監視に止まり、中央管理室では異常の発生のみを警報で知る。異常の原因、箇所の特定、状況の把握は全て現場の人間からの情報に依存し、判断は中央管理室より現場が優先する。避難指示、通気制御・消火は現場で行う。

(d) 集中監視無し

異常の発見から情報の収集、異常の判断、通気制御、避難指示、消火は全て現場で行う。

2.3.3 坑内情報処理システムの選定基準

地下施設、特に超深地層研究所の特殊性は下記の通りである。

- ① 地上との連絡路が限定され(2本)、1,000 m と深度が大きいために、異常状態に際し簡易に地表脱出が出来ない。
- ② 深度が深く、立坑主体のレイアウトであるために、自然通気圧が強く働き、通気状況が不安定。機械通気による通気管理と通気制御が必須。災害発生から坑内全体への影響速度が速い。
- ③ 公開施設であるため、教育・訓練を十分に受けていない特定多数の入坑者が対象。従って最大限の防災システムの構築と災害弱者への配慮が必要。

上記の観点から瑞浪超深地層研究所のような特定多数の見学者や研究者が入坑する公開施設の保有すべき情報処理システムの選定条件としては、①適切な判断を、②短時間のうちに行い、③時宜を得た通気制御、避難指示、消火、ができる機能を有している必要がある。

平成 14 年の瑞浪超深地層研究所実施設計では、集中監視がない現場監視型の(d)については、選定の対象とはならない。次に通気制御機能や避難指示機能が現場に依存する(c)についても選定の対象としては適切でない。従って、現場の人間に依存せず瞬時の情報の収集と判断が可能な機能を有する(a)情報統合化管理システム、または(b)集中監視・制御システム(独立型)の選定が適切である、と位置づけている。

同時に同実施設計ではコストパフォーマンスの観点から、下記の通り評価している。

情報処理システムで最も設備投資額が高いのは、数量が多いことに起因する検知システム(センサ)である。伝送系は光ケーブルがコスト高となるが、メタルケーブルを使用なら比較的安価となる。データ処理系はパソコンレベルの処理が十分可能であることから、ハードコストよりも機能に依存するソフトコストが大きい。解析系は既に既存技術であり、インターフェースに主眼が置かれる。制御系も同様であるが、制御方法によってコストは大きく変化する。

検知系、伝送系および制御系は(a)、(b)は同一であり、(a)、(b)の順に主としてソフトの分だけコストが上昇する。しかしソフトコストの増加分はリスク

マネジメントの観点から見ればコストパフォーマンスが高いと言える。

なお、(a)の情報統合化管理システムは、坑内のハードは建設開始後(b)の集中監視・制御システム(独立型)のシステムアップで対応可能である。

本坑内情報管理システムの調査および構築報告書では、上記の(a)の情報統合化管理システムの構築を目的としたものである。

2.4 地下施設の信息管理手法

煙や異臭など、災害が発生したことによる異常現象が明確な場合は、人間が感知することができる。しかし、長大な坑道網から構成される地下施設の全域を、常時人間が監視し極めて初期の段階で異常状態を発見することはできない。従って設備による坑内情報の収集及び管理する総合的なシステムの構築が必要である。

信息管理システムは、坑内に設置された各種センサによる集中監視と、地上に電送された情報を適切に統合管理し、通気制御、避難指示、消火等を行う防災対策から構成される。

2.4.1 センサによる集中監視

地下施設の自然環境の特徴を挙げる。

- 堆積岩系の地層では爆発危険性のある可燃性ガスが存在することがある
- 温度、湿度、粉塵、水等の周辺環境が厳しい
- 落盤等による機械的な衝撃や損傷を受ける可能性がある
- 作業(研究)箇所が随時移動する

これらの特徴を考慮して、必要なセンサの種類と設置箇所を記すと以下の通りである。

- 火災発見用
 - ◆ 酸化炭素センサ：主要排気坑道、火災発生源となり得る機械設備類付近
 - ◆ 温度センサ：稼動設備の原動機軸受け部
 - ◆ 煙感知器：一酸化炭素センサの補完
- 坑内環境センサ
 - ◆ 風速・温湿度センサ：坑内主要通気回路
 - ◆ 差圧センサ：主要風門

- 入昇降管理、マンロケーション
- ◆ 入昇降管理：昇降設備のある坑口
- ◆ マンロケーション：入坑者全員又は引率担当者

具体的には、地下施設の坑道配置、設備配置及び試験研究箇所等を考慮して、必要な箇所（最も適切な箇所）に配置し、地上にて集中的に監視するシステムとする必要がある。

2.4.2 情報統合管理による異常把握、最適通気制御

① 情報統合管理の目的

坑内の情報を中央情報管理センターに伝送・処理して異常を早期に検知し、通気制御により安全区画を確保すると共に、入坑者が安全に避難するのに適切な指示を与えるための情報を提供する。

② 情報処理の機能

情報処理の機能としては下記のものがある。

- 坑内情報の検知・伝送
- データの処理
- 坑内状況の監視、警報
- 異常状態の原因と異常発生箇所の特定
- 通気制御方法の表示、通気制御指令
- 異常状態の予測
- 避難所と避難路の表示、指示
- 消火方法の表示、自動消火

③ 情報処理システムの構成

上記の情報処理機能を兼ね備えた情報処理システムは、下記の項目から構成される。

- 情報検知系：各種センサによる坑内環境などの検知
- 伝送系：検知データの送信、管理センターへの伝送、受信
- データ処理系：受信データの分析、蓄積、表示、監視、情報検索と異常判断
- 解析系：通気網解析、火災時解析などによる現状把握、予測
- 制御系：通気制御指令、避難指示、消火設備制御指示

情報処理システムを機能により分類すると、次のようになる。

- 監視機能
- 異常判断機能
- 通気制御機能
- 避難指示機能
- 消火指示機能

これら機能毎の処理レベルと処理方法の組み合わせにより、地下施設の具体的なレイアウト及び研究内容に応じた適切なシステムの構築が必要である。

本報告書においては、地下施設の具体的なレイアウトの対象として瑞浪超深地層研究所を選定し、上記の機能を兼ね備えた適切な情報管理システムを構築する。

3. 地下施設の情報の管理システムの事例調査

超深地層研究所の坑内情報管理システム構築に向けて、類似の地下施設として炭鉱及び長大トンネルの事例調査を行う。

3.1 石炭鉱山における事例

鉱業を行うに当たり、各炭鉱会社においては自主的に災害防止と安定生産の管理のために、独自の管理体制で運営されている。

この場合の独自の管理体制の必要要因を列举すれば、次のようなものがある。

- ・ 操業条件：各炭鉱の出炭量、坑内の採掘区域の広さと深度、機械化の度合
稼働人員数
- ・ 自然条件を含めた採掘区域の特殊性：ガス、炭塵、温度、地圧

従って、法規制の下で炭鉱の操業時点で最も妥当な体制が選択され、条件が変われば強化され、また縮小される。

炭鉱の管理対象となる領域の大きさを測る尺度として、維持坑道長を表 3-1 に示す。また、管理技術の複雑・多様性の程度を示す例として、集中監視測定点数を表 3-2 に示す。

表 3-1 維持坑道長（平成 3 年度）

炭 鉱 名	維持坑道長 (m)
太 平 洋	226,057
三井芦別	65,708
赤 平	89,700
空 知	80,000
池 島	104,283
三 池	273,182

表 3-2 集中監視測定点数（平成 2 年度）

炭 鉱 名	保安関係監視測定点数
太 平 洋	2,090
三井芦別	652
赤 平	767
空 知	611
池 島	2,196
三 池	2,155

以下、具体的な炭鉱の保安情報処理の事例を示す。維持坑道長及び測定点数で最大であった三池炭鉱を全体的な情報処理の事例とし、ガス、自然発火等の炭鉱特有な事象に対する個別の対応事例として赤平炭鉱のものを、また計測・制御システム、マッピングシステム、エキスパートシステムをリンクさせた事例として太平洋炭鉱のものを示す。

3.1.1 三池炭鉱

(1) システム導入の考え方と選定

坑内の環境及び設備を総括的に監視計測し災害の未然防止に努め、緊急事態発生時には的確・迅速な判断処理、避難誘導を行い災害の拡大防止を図ることを目的とする。

日常は、諸種の監視データの記録及び解析を行い、監視業務の合理化を図り、監視員による的確な判断処理ができるシステムとする。

坑内環境は坑外と比べると、CH₄、粉塵、温度、湿度等の点で悪条件下にあるので、これを克服する機器・装置を選定した。

(2) 監視項目

- CH₄ 濃度 (%) : アナログ計測、警報設定値可変
濃度 (%) : ON-OFF 監視、警報設定値可変
- CO 濃度 (PPM) : アナログ計測、警報設定値可変
- 火災 CO 感知型 : 濃度 (PPM) ON-OFF 監視、警報設定値可変
煙感知型 : ON-OFF 監視、警報設定値固定
温度感知型 : ON-OFF 監視、警報設定値可変
- 温度 炭壁温度 : アナログ計測、警報設定値可変
- 扇風機 機器 : ON-OFF 監視 (運転停止等)
- 風門 風門 : ON-OFF 監視 (開閉)
- 排水 ポンプ : ON-OFF 監視 (運転停止等)
バック : ON-OFF 監視 (水位)
- 冷房 冷凍機 : ON-OFF 監視 (運転停止等)
- 電気 主要変電所 : ON-OFF 監視 (重故障、軽故障等)
- 運搬 コンベア関係 : ON-OFF 監視 (運転停止、故障、炭量等)
電鉄変電設備 : ON-OFF 監視 (送電停止等)

(3) システムの機能構成

保安情報処理システムは、図 3-1、

図 3-2、図 3-3、図 3-4 のようなサブシステムと機能から構成されている。

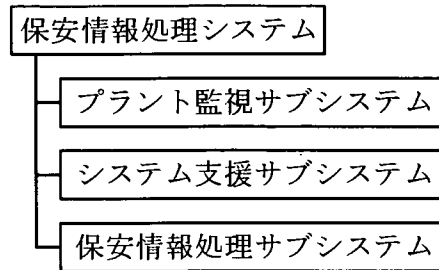


図 3-1 システムの機能構成

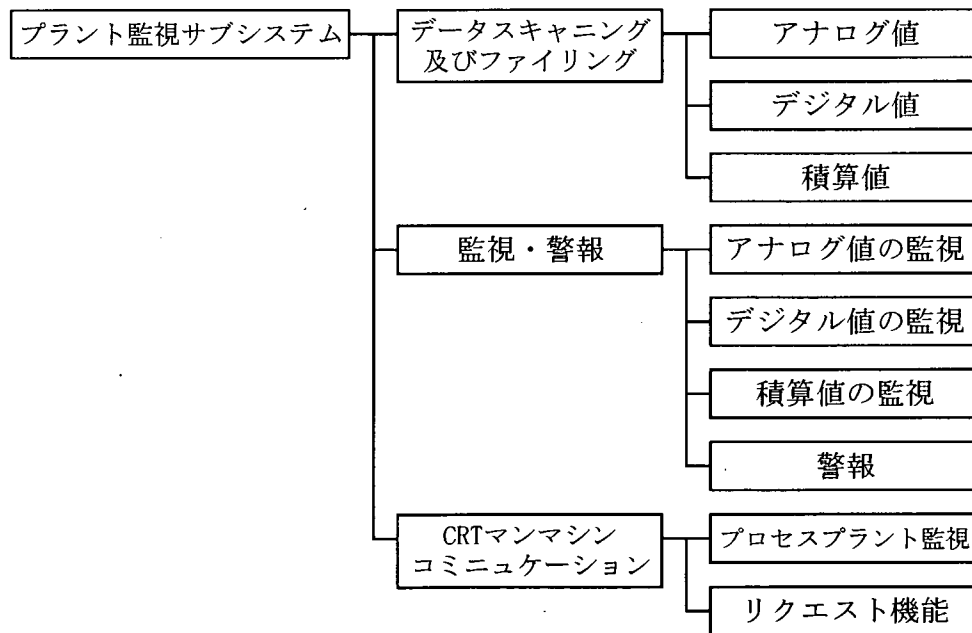


図 3-2 プラント監視サブシステム

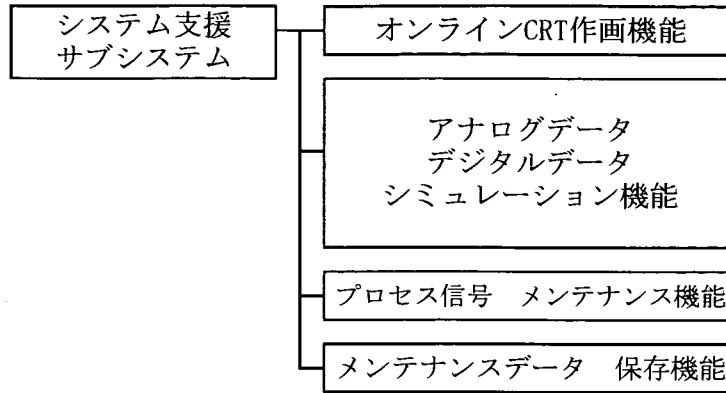


図 3-3 システム支援サブシステム

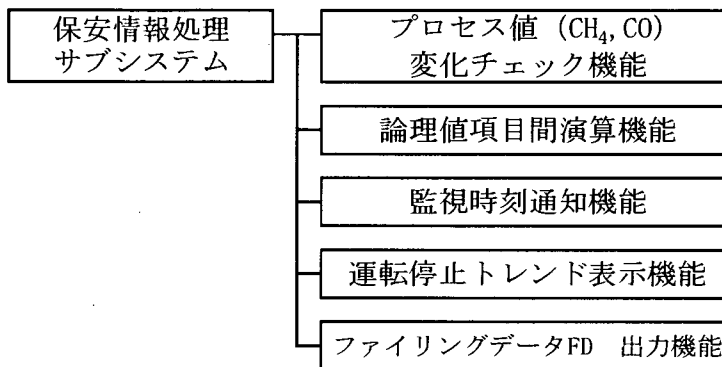


図 3-4 保安情報処理サブシステム

各機能の概要を表 3-3 に示す。

表 3-3 システム機能概要

サブシステム名	機能名	機能概要
プラント監視	プロセス状態モニタリング	プロセスの状態をアナログ信号、デジタル信号として入力し、CRTディスプレイ、漢字プリンタでモニタリングする。
	プロセスデータファイリング	アナログ信号の入力値を時系列にファイリングする。ファイリングの結果は、CRTマンマシン機能によりトレンドグラフ表示を行う。
	CRTマンマシン コミュニケーション	CRTディスプレイ、キーボード、ライトペンを使用して、プロセス状態モニタリング、プロセスデータファイリングの結果をオペレータに提供する。
システム支援	アナログデータ シミュレーション	アナログ信号のテスト入力を行う。
	デジタルデータ シミュレーション	デジタル信号のテスト入力を行う。
	プロセス信号 メンテナンス	アナログ信号、デジタル信号の追加/移動/削除/一覧表示を行う。
	CRT画面作成	CRTグラフィックのメンテナンス結果をFDに保存する。
	メンテナンスデータ保存	システムのメンテナンス結果をFDに保存する。
保安情報処理	プロセス値変化検出	プロセス信号入力値の変化により坑道内酸化炭素、メタンガス等の異常増加を検出する。
	デジタル値論理演算	デジタル信号入力値同士の論理演算 (AND, OR) を行い結果をデジタル信号とする。
	監視時刻通知	定周期で監視員へ監視時刻であることを警報メッセージにより通知する。
	機器運転状態 バーグラフ表示	機器運転/停止のトレンドをバーグラフにより表示する。
	ファイリングデータ FD保存	プロセスデータファイリング機能でファイリングしたプロセス信号ファイリングデータは、別途他計算機等で使用する。
	測定データ手入力	巡視員が測定したデータをアナログ信号として手入力し、CRTグラフィック画面へ表示する。
	押しボタンによる一括 リレー出力	オペレーターズコンソールの押ボタンを押すことにより複数のリレー出力を一括で行う。
	論理値集合状態 リレー出力	オペレーターズコンソールのランプへ複数デジタル信号の論理和をリレー出力する。
	論理値グループ	デジタル信号を場所/種別でグルーピングを行い、どの場所での種別の信号が入力されているかオーバービュー表示する。

(4) デジタル監視

ある値に設定した現場に配置されたセンサや機器がそのセット値を超過したか、超過していないかの情報、また、その情報の組み合わせによる情報処理の監視であるデジタル監視の画面構成は次のようである。

1) 監視画面表示

- ◆ 系統図画面：プロセス状態の監視画面。プロセス機器、設備の運転、故障状態をシンボルの色替えフリッカで表示。また、センサ等の計測値の数値表示。

- ◆ サービス画面：CRT マンマシン各機能の操作を行うためのサービス画面でメンテナンス用の画面も含む。
- ◆ ガイダンス画面：オペレーション操作やその他システム運用に必要な情報を、CRT 作画機能により記憶させておき、必要な時に呼出して表示。

2) 異常発生時の画面表示

平常時においては、図 3-5 のようなリクエスト機能メニューを表示している。異常が発生すると画面は自動的に総括画面に切替わる。

図 3-5 リクエスト機能メニュー

10	総括画面及び坑道原図
20	CH4センサ位置図
30	火災センサ位置図
40	消火設備位置図、系統図
50	その他設備位置図、系統図
60	シミュレーション表示設定
70	保安情報処理機能表示設定
80	一般機能表示設定
90	プロセス信号メンテナンス表示設定

総括画面が表示されると、その画面にはどの区域のどの項目に異常が発生したかを色変表示する。LP やキーボード操作により詳細情報を表示することができる。

詳細画面の例を示す。図 3-6 に総括画面を、図 3-7 初期事態掌握マニュアルを、図 3-8 に緊急対応フローチャートを示す。

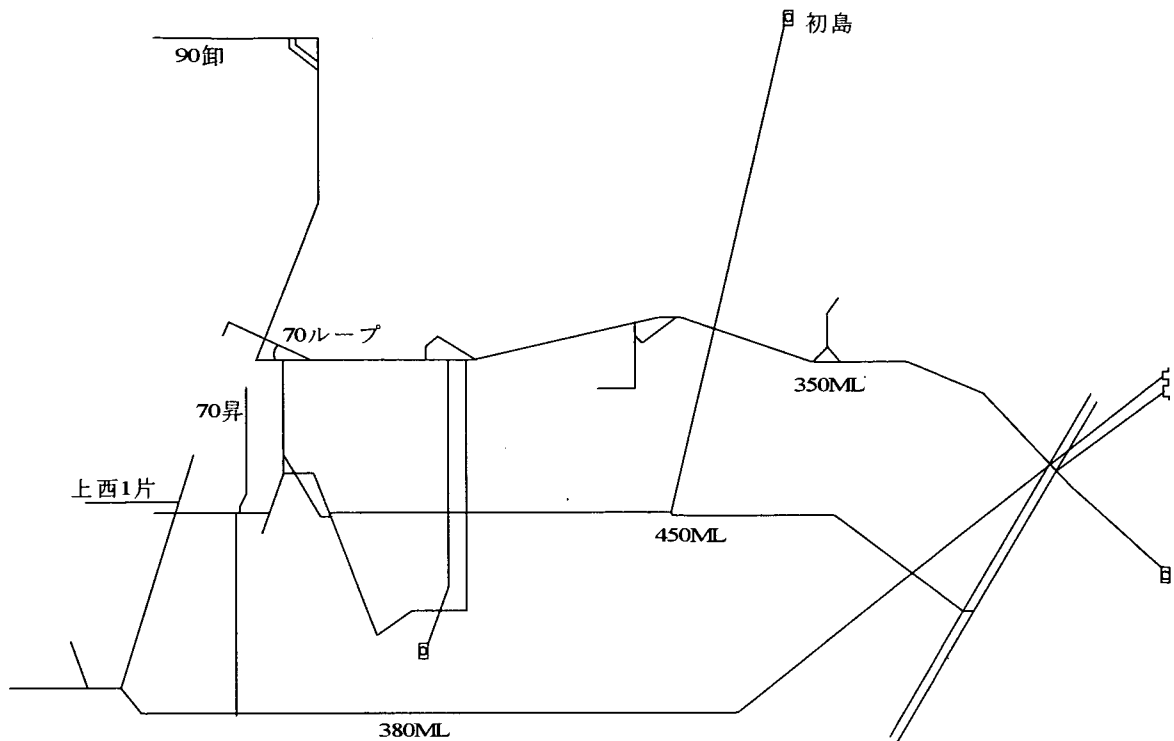


図 3-6 総括画面

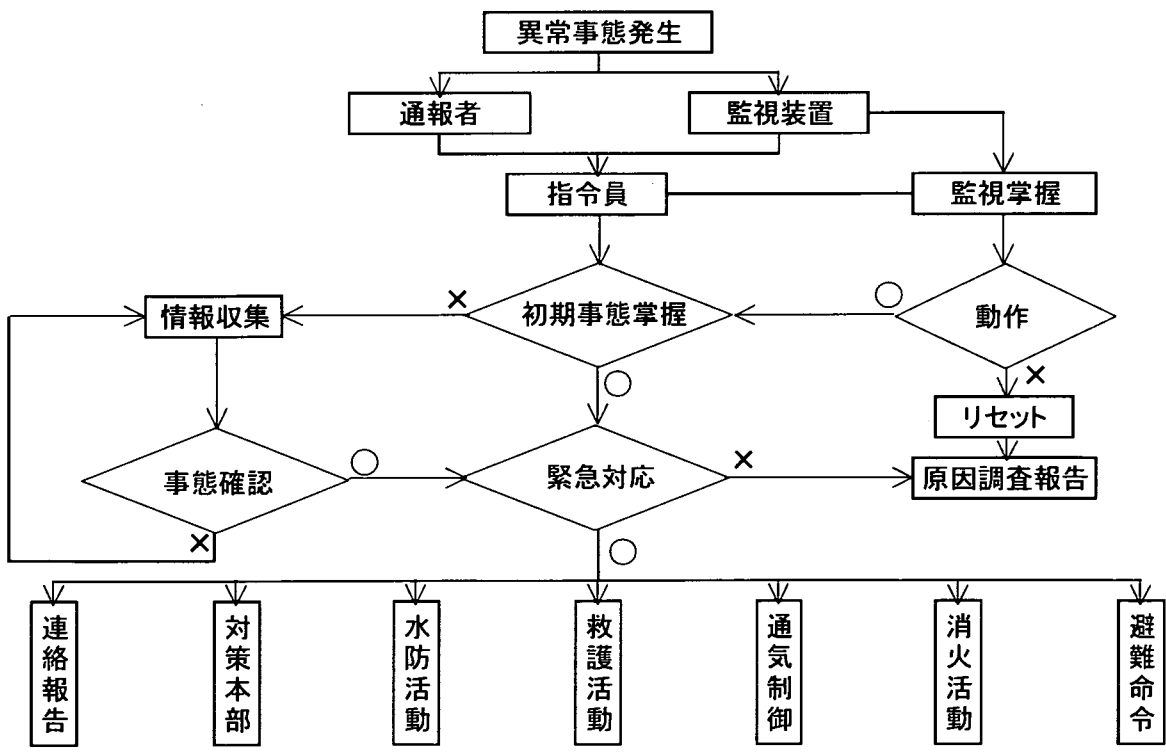


図 3-7 初期事態掌握マニュアル

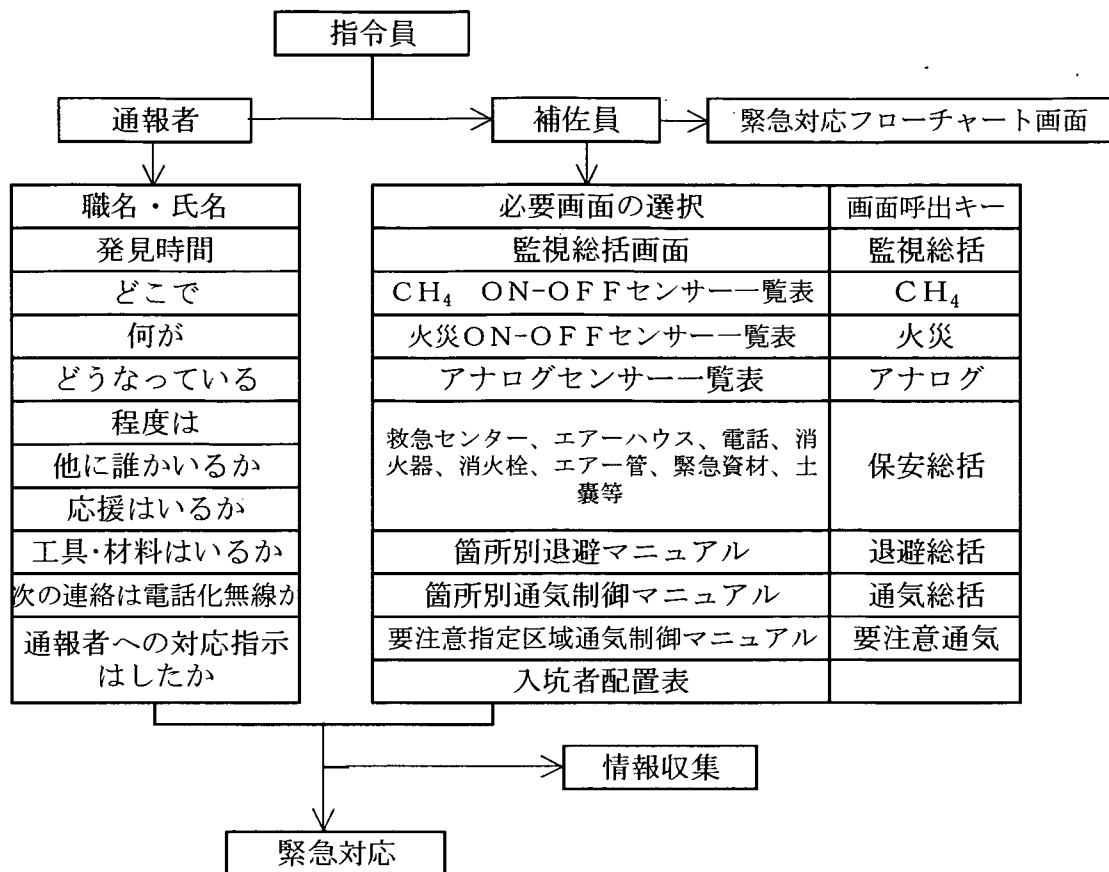


図 3-8 緊急対応フローチャート

(5) アナログ監視

各データ毎に異常の上下限值を設定し、上下限值を超えると異常と判断し、データが自動的に変色し、同時に監視総括画面に切替わり警報を発する。変化検出方法の違い、チェック周期の違いにより、以下の4種類のチェック機能を有している。

- ◆ 変化量連続増加チェック (長周期)
- ◆ 変化量連続増加チェック (短周期)
- ◆ 規定値連続超過チェック (長周期)
- ◆ 規定値連続超過チェック (短周期)

(6) 緊急対応システムの運用

緊急対応の順序に従った操作画面は次の通りである。

- ◆ 緊急対応フローチャート
- ◆ 初期事態掌握マニュアル

監視総括図、CH₄ ON・OFF センサー一覧表、火災 ON・OFF センサー一覧表、アナログセンサー一覧表、保安総括図、消火設備の確認、退避総括図、通気総括図、水位総括図、

◆ 緊急対応マニュアル

監視装置異常掌握マニュアル、避難命令対応マニュアル、消火活動対応マニュアル、通気制御対応マニュアル、救護活動対応マニュアル、水防活動対応マニュアル、緊急対策本部設置・召集対応マニュアル、

3.1.2 赤平炭鉱

払跡 CH₄,CO 監視の例を記す。

(1) 制御の目的

採掘終了区域の密閉内で発生のおそれの多い酸化蓄熱現象、並びに自然発火の徴候の早期検知を図るため、遠隔監視自動計測装置により計測監視を強化する。

(2) 監視の目的

計測監視とバルブ制御に必要な項目について監視する。

(3) 機器の主な機能

- ◆ 送受信器：デジタル及びアナログ信号の伝送用
- ◆ 監視制御盤：盤面に記名式表示灯、操作スイッチを配置、タイマにより任意の時間設定を行う。
- ◆ 現場制御盤：同上のほか、バルブ駆動用電源回路を具備する。
- ◆ 圧気駆動式バルブ：吸引バルブ制御用、圧気は本質安全型三方電磁弁で操作する。

(4) ハードウェア、ソフトウェアの構成

構成を図 3-9、図 3-10 に示す。

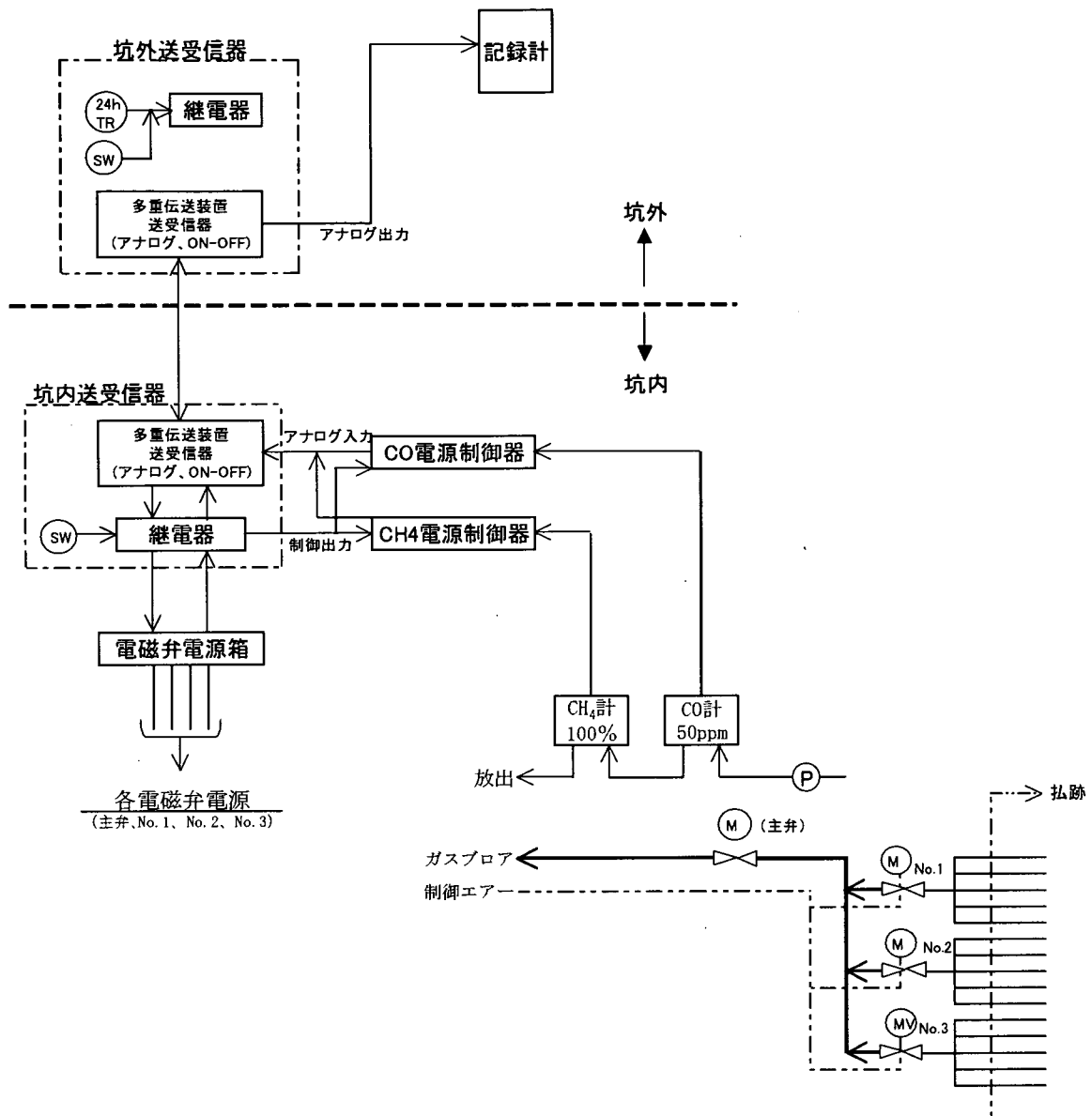


図 3-9 払跡 CH₄、CO 監視 ハードウェアの構成

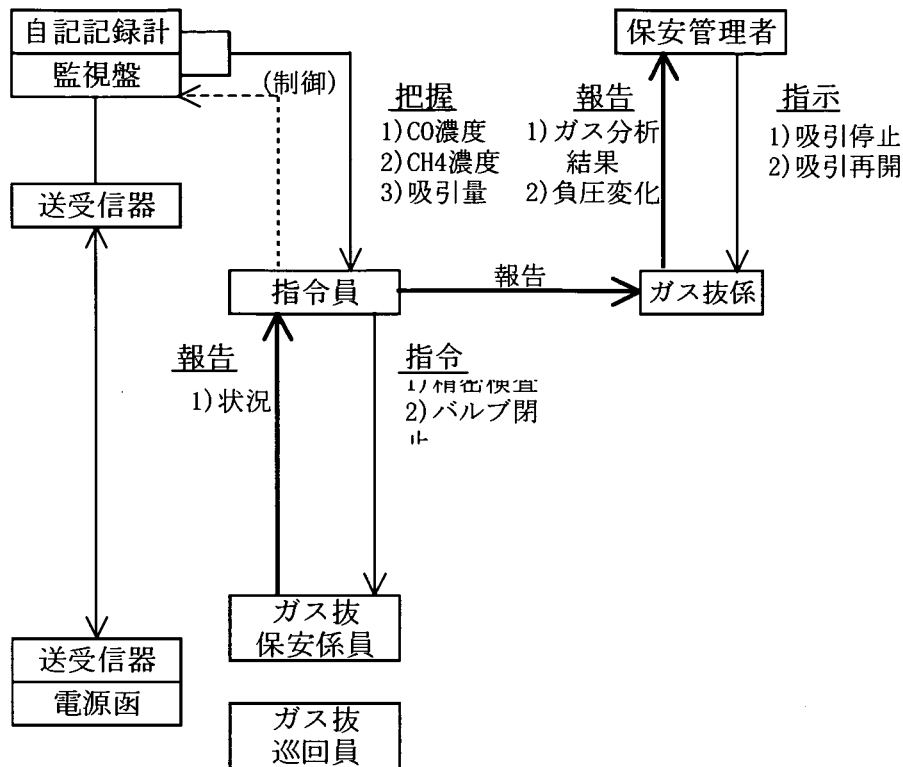


図 3-10 払跡 CH₄、CO 監視 ソフトウェアの構成

3.1.3 太平洋炭鉱

深く広域化した複雑な坑内構造の中で、保安の確保に万全を期すために、従来から積み重ねてきた集中監視のいっそうの高度化が必要との判断から、太平洋炭鉱ではコンピュータ化を強力に推進した。その例として、坑内情報の総合管理システムを記す。

(1) システムの構成

三つの主要項目からなる基本システム構成とした。すなわち、図 3-11 に示すごとく、計測・制御システム、マッピングシステム及びエキスパートシステムをリンクさせ、各々が並列にかつ有機的に結びついたシステム構成とした。さらにサブシステムとして、光ファイルシステム・OAシステムを組み合わせている。システム導入の経過を表 3-4 に示す。

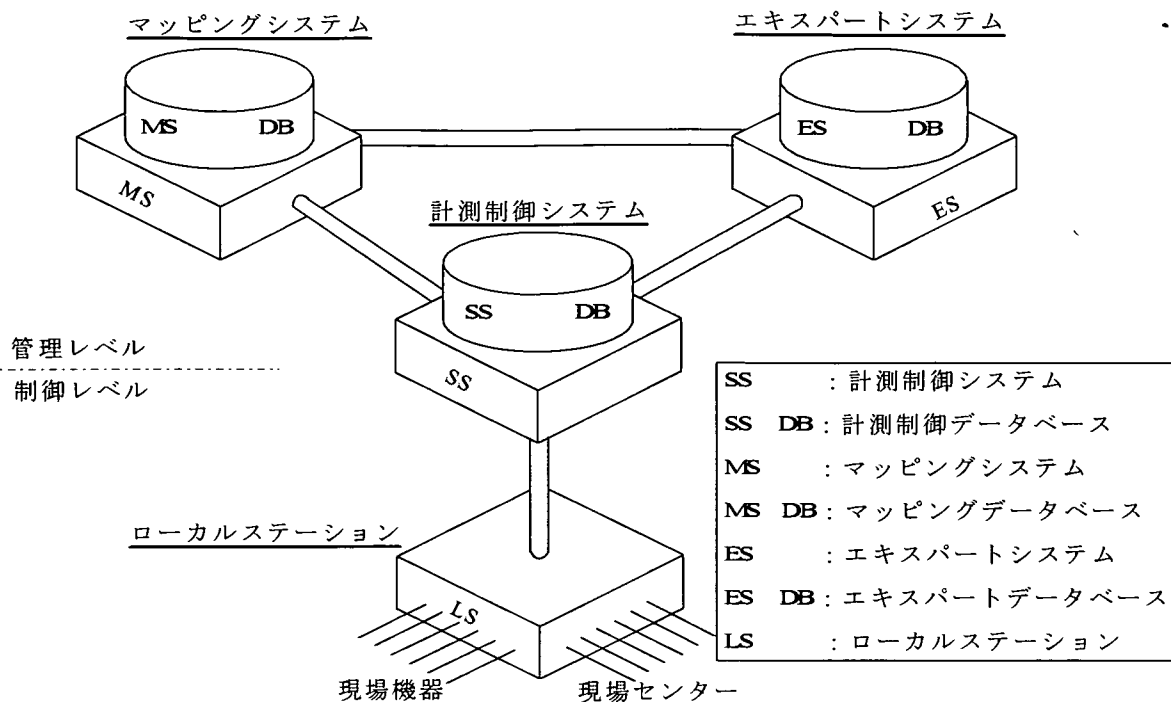


図 3-11 システム構成概念図

表 3-4 総合管理システム導入経過

	昭和63年度	平成元年度	平成2年度	平成3年度
計算機	A-60	A-60 2重化、手動	A-80グレードアップ 2重化、半自動	A-100 2重化、自動
端末機器	GR-4416×3 (グラフィック) 9450 Σmk II ×3 (ワークステーション) ラインプリンタ×1 システムプリンタ×1 9450 Σmk II ×1 (オフィスステーション)	GR-4416×1 9450 Σmk II ×1 (ワークステーション) 9450 Σmk II ×1 (オフィスステーション) プリンタ×1 70吋プロジェクタ 20吋モニタ	GR-4416×1 FMR-70 Σ×2 (ワークステーション) プリンタ×1 デジタイザ×1 ハードコピー 光ファイル 20吋モニタ	静電プロッタ GR-4416×1 FMR-70 Σ×1 (ワークステーション)
伝送機器	HDC-500 信号入出力機器	既存伝送機器前送り 信号入出力機器	HDC-500×2 信号入出力機器	既存伝送機器前送り
伝送路	光ケーブル 20c+5P 坑外指令室～中央変電室	2重ルート化 坑外指令室～中央変電室	光ケーブル延長 中央変電室～知人変電室、 第2中央変電室	
電源	50KVA無停電電源装置 5KVA無停電電源装置		7.5KVA無停電電源装置	
ソフト	計測監視	1/1000坑道図入力	1/10000坑道図自動作成	1/2000坑道図自動作成
監視項目	CO、CH4、負圧、風速 電流、流量、圧力 ベルト関連、ポンプ関連 ポケット関連、煙感知器 扇風機関連、他 運炭量 (瞬時値)	切羽情報、DC情報、 鉄柱圧力、風量、 運炭量 (積算量) 電力量	フィーダ速度	電圧

1) 計測・制御システム

坑内外に設置されたセンサのアナログ・ON・OFF信号を一括処理するもので、一時処理用ライン制御コントローラによりシーケンス・数値演算処理がなされ、ネットワークを介してホストコンピュータに伝送される。各センサの監視・制御項目について表 3.5 に示す。

2) マッピングシステム

地図情報システムとも呼ばれるもので、地図関連データを地図（坑道図）とリンクさせたデータベースともいえる。1/20,000 坑道図をデジタイザで入力し、月単位で坑道展開に合わせ編集を行う。この坑道図上にセンサをシンボルとして配し、センサ情報とリンクさせ容易に検索・表示できるようにしている。

3) エキスパートシステム

炭鉱独自のノウハウをデータベース化することにより、知識・経験の消失を補い円滑な現場運営を支援するもので、炭鉱の場合特に重大災害の一つである自然発火・坑内火災の早期発見、通気設備の適正配置、ベルト、ポンプの最適運転による電力削減など利用範囲は広く、その効果は大きい。

表 3-5 監視・制御項目

アナログ信号		ON・OFF信号			
項目	点数	項目	点数	項目	点数
CH4	58	ベルト関連		ポケット関連	
CO	90	電源	52	'30%	6
管内CH4	13	運転	71	'70%	4
管内CO	11	シュート	49	'80%	4
ガス管流量	1	スリップ	44	満炭	8
ガス管圧力	2	過負荷	42	変電室関連	
選炭廃水流量	10	非常停止	49	遮断器	39
選炭廃水圧力	2	引網	19	過電流	4
主扇電動機電流	2	片寄り	44	地絡	4
主扇ベーン開度	1	モータ故障	7	伝送異常	1
主扇室内温度	2	ブレーキ故障	1	煙感知器	90
温度	2	補機故障	6	放水検知	20
給水流量	3	起動渋滞	5	接地	4
排水流量	4	圧気低下	2	誘導無線交流電源	9
負圧	7	100V接地	6	扇風機運転	10
風量	15	200V接地	2	扇風機故障	3
DC電流	2	温度	2		
CM電流	9	伝送異常	6	ON・OFF信号合計	703
PC電流	4	CPU異常	3		
運炭量（瞬時値）	5	運転モード	15		
炭量	11	シュート切替	4		
フィード速度	2	切替過負荷	1		
圧気圧力	1	非常ブロック	47		
水圧	2	ポンプ関連			
電圧	2	満水	16		
		低負荷	3		
		過負荷	1		
アナログ信号合計	261			パルス信号	
				項目	点数
				電力量	43
				運炭量	5
				パルス信号合計	48

(2) システムの内容

1) 伝送システム

坑外指令室・坑内各変電室（中央変電室・第2中央変電室・知人変電室）に各々入力装置とライン制御コントローラを配し、光ファイバケーブルでネットワークを構成している。光ファイバケーブルの総延長は28kmにも及びダブルループの2重化がなされている。さらに、中央変電室～知人変電室間を除いてはいずれも2ルート化がなされ、伝送路の安全確保が図られている。これら4箇所の伝送ステーションよりセンサ信号を取り込み、監視系計算機に送信されている。またセンサから各ステーション間の伝送は直送・多重伝送により行われる。

2) 監視システム

- ホスト計算機
 - センサ情報管理
 - 坑道図管理
 - 通信管理
 - 通気網計算
 - 画面管理

- グラフィックディスプレイ
 - 全坑稼働監視画面
 - 運炭監視画面
 - SD切羽監視画面
 - 変電室監視画面
 - 入昇坑人員表示

- ワークステーション
 - 警報一覧表示
 - センサ別警報一覧表示
 - トレンドグラフ表示
 - 入昇坑人員表示
 - 機器管理情報表示
 - 退避マニュアル
 - センサ情報入力

- オフィスステーション
 - 全坑表示

全坑監視画面入力・編集
センサ情報入力・編集
トレンドグラフ
警報表示
定刻印字トレンドグラフ

- 電源装置

指令室における集中監視は 24 時間体制が前提であるため、計算機システム及び伝送システムには停電時のトラブルにも支障ないように、専用電源回線と電圧・周波数の安定化機能を備えたバックアップ電源で対応している。

3) データ管理システム

- ホスト計算機

図面情報管理
SD 切羽情報管理
入昇坑情報管理
機器情報管理

- グラフィックディスプレイ

測点表示（数値入力）、坑道図作成・表示
拡大・移動・平面距離・測点間実距離と角度表示
断面図表示
切出し図面表示
出図図面指定

- ワークステーション

測点入力（任意・成果表）
階層属性変更
切出し図面及び出図条件入力

- デジタイザ

坑道入力には上記の測点による方法と、原図から直接デジタイザを用いて行う二通りで実施している。

- 静電プロッタ

出図には最大 A0 サイズまで対応可能なカラー静電プロッタを採用している。

- 光ファイルシステム

社内外の膨大な資料を各課・係別に整理・保管するため光ファイルシステムを導入している。

(3) システムの問題点と課題

1) システムの問題点

① システムの全般

- 計画遅延の要因

炭鉱という特殊環境においては市販のいわゆるパッケージソフトの対応があまりに弱く、そのためアプリケーションソフトの開発項目が多大である。そのため遅延が生じている。

- 新規開発ソフトの運用時間

開発内容が新規のため実際に運用しないと不具合がつかめず、かつ一つの修正が新たな不具合を作り出すこともあるため、運用までに多くの時間が必要である。

- 端末処理装置

ホスト計算機と各端末機器は LAN により接続・運用されているが、データ量の多さも関連しデータの検索・転送に時間を要している。

- システム要員の後継者育成

システムの難しさもあり、後継者育成が予定通り進んでいないため、計画の推進が遅れている。

② 監視システム

- 集中監視における誤報

センサのチャタリングに伴う誤報もあるが、特に CO センサにおける誤報が保安上重要である。CO センサは坑内火災・自然発火検出センサとして設置されているが、発破や入気公害（特に冬期）による CO 濃度の上昇により CO 警報が発生している。

- 監視画面の増加

グラフィック画面の要求が増すにつれ、指令室の 3 組の端末機で全部の監視画面を切替え・表示するのは監視業務上好ましい状況とはいいいにくい。ダイナミックマッピングを中心とした新たな監視機能・環境を構築することが必要で

ある。

- 端末機の増加

現状ではホスト計算機の能力によりグラフィックディスプレイの追加は表示速度の問題があり、解決するためには CPU のバージョン向上が必要である。

- データ管理システム

地図情報ソフトがパソコン対応とミニコン対応の 2 系統利用のため、管理が面倒な上にパソコンでは詳細坑道を見ることができずモニタの複数化を招きかねない。これについてはソフトの統一が必要であるが、既存ソフトの改造・開発が必要であり、新たな費用と時間が発生する。

2) 課題

- ① 現在取り組んでいるファジーソフトによる警報判断支援に目途をつけ、センサ情報利用の通気網解析とそれに基づく災害箇所推定・退避支援等の開発を図る。さらに各機器（扇風機・ベルト・ポンプ）の最適運転まで利用範囲を拡張する。
- ② 必要な一般データを RDB や光ファイルを利用してさらに蓄積し、必要な時に素早く・正確に提供できる管理支援体制を作る。
- ③ 通気網管理向上のため風速・扇風機負圧等のセンサ情報による監視機能を開発し、災害時のガス・煙の流れの推定と退避支援に活用を図る。
- ④ 坑内ベースでの人員把握を行い、災害対策支援として利用する。実情にあったセンサの選択とコスト面の解決が必要である。
- ⑤ 台車の位置情報を把握することで適切な資材搬入管理を行い、滞留台車排除により効率の良い運搬体制を作る。
- ⑥ 地質情報は図面から、設備・コスト情報は自由に外部から設定することにより、最適なパネルの設定・機器設備及び工程を作成し採掘計画支援に活用を図る。
- ⑦ 各担当者・現場別の原価情報を OA システムより取り込み、現場管理者に簡単・迅速に提供しコスト節減を図る。

以上述べたような既存と今後の開発機能が実際に現場で使われた時が本当の意味での総合管理であり、これを達成するためには体制の強化のほか、センサ開発・本質安全基準の見直し等炭鉱のみならず関連研究機関やメーカーの協力も必要である。

3.2 地下研究施設の例

旧三井砂川炭鉱は、閉山後の坑内外施設の有効利用を図るため、不要坑道の閉塞工事を行った後、坑道総延長 16,011m、最深 SL-560mまでの地下空間を維持した。

この地下空間を利用して、SL-250mでは圧縮空気貯蔵ガスタービン発電（CAES-G/T）の実証試験を行った。又、中央立坑を実験塔として、(株)地下無重力実験センターによる無重力実験を実施した。

坑内情報の管理としては、必要最小限の維持坑道の管理となる。坑道に炭層露出箇所はないものの、旧炭鉱であるためメタンガスの監視は必要である。維持坑道中には、多数の坑道密閉面が存在するため、ガス湧出の可能性がある。

坑内設備としては、ポンプ室、電気座等の一部設備が残されている。災害防止の観点から監視が必要なものは、坑内火災と考えられる。

これらの観点から、坑内情報として必要な情報のうち主要なものは、メタンガス、CO ガスである。

図 3-12 に坑内概念図及びメタンガス及び CO ガス監視、警報装置の設置状況を示す。坑外への伝送及び地上での情報処理は、炭鉱作業時のものをそのまま利用している。

CH₄ 自動警報器は、多くの密閉のうちガス湧出の可能性が考えられる密閉前に設置している。

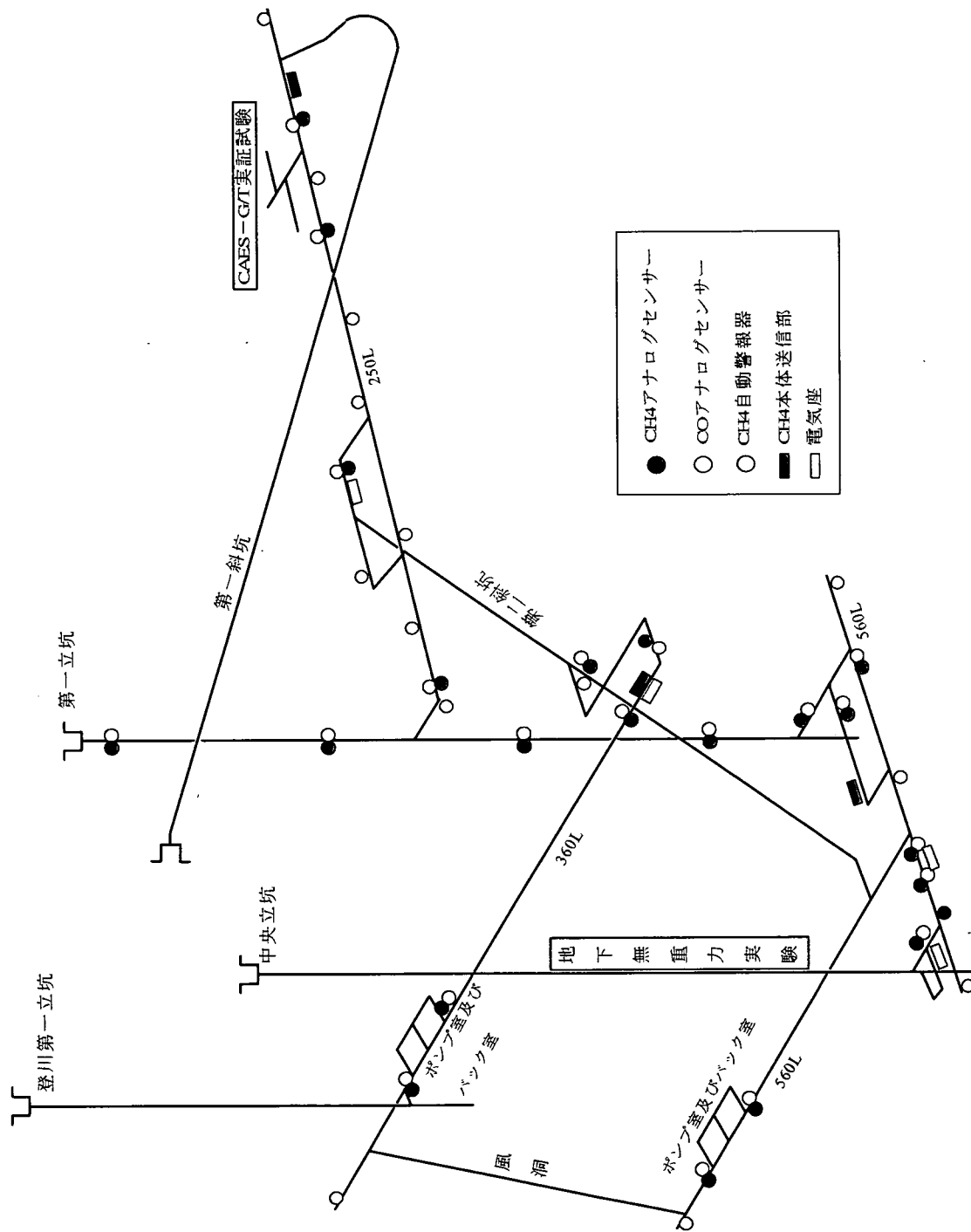


図 3-12 坑内及び監視装置設置概念図

3.3 青函トンネルにおける事例

3.3.1 トンネル概要

- ◆ 北海道知内と青森県今別を結ぶ全長 53.85km、海面下 240m
- ◆ 管理：JR 北海道支社
- ◆ 構成：主として、知内—今別間の本坑、吉岡海底駅と竜飛海底駅を結び本坑と平行して掘削された作業坑、同先進導坑の 3 本のトンネルから構成される。吉岡側と竜飛側にそれぞれ立坑、斜坑、ケーブル斜坑が地表と連絡している。

3.3.2 防災コンセプト

列車火災を想定した防災対策を構築することを目的とする。

トンネル両側入口、坑内 2 箇所（海底駅）合計 4 箇所を消火設備を持つ定点とし、異常が検知された列車は定点まで走行し、地表脱出または避難所まで速やかに避難することを防災コンセプトとしている。

トンネル内定点位置を、図 3-13 青函トンネル概念図中に示す。

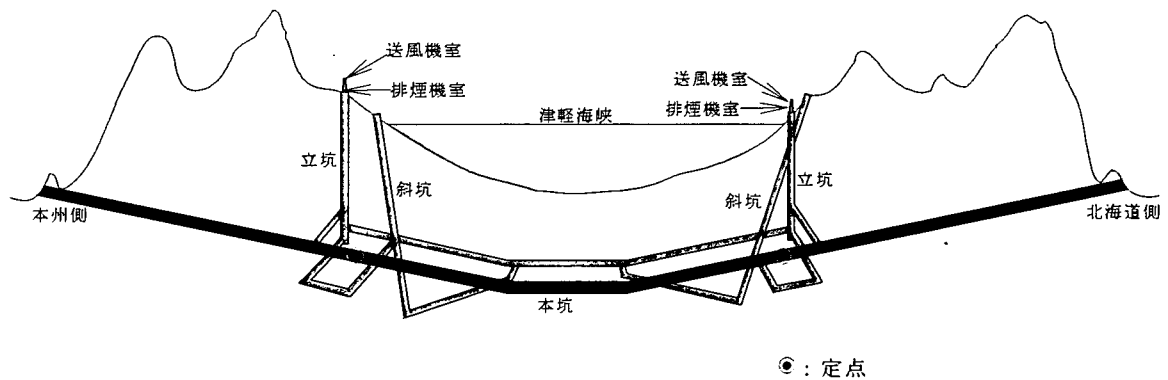


図 3-13 青函トンネル概念図

3.3.3 トンネル内情報監視システム

列車に関する情報、火災等の異常情報はリアルタイムに函館指令センターに伝送する。

異常の状況により、司令室から遠隔通気制御（排煙ファン運転及び通気門開閉）を行い、避難所までの安全区画を確保する。

その他独自観測している気象、地震データも司令室に伝送し、処置の判断基準とする。

函館指令センターのトンネル内情報監視システムの概念図を図 3-14 に示す。

1) トンネル内火災検知システム

● 車両火災検知システム

定点で車両（屋根上機器、車内、床下機器）からの反射赤外線を温度に変換し、60℃以上で通報する。

温度×面積の設定値を超えると警報が出る。

列車のトンネル通過所要時間は、「はつかり」クラスで通常 30 分、その他は 45～50 分である。上下線合わせて 10 分に 1 回検知をおこなう。

警報が出た場合は、当該列車のみが定点まで走り停車、避難及び消火を行う。

その他の列車はすべて途中で停車する。

● トンネル内火災検知システム

ホームに火災検知器（報知器）を設置している。

2) トンネル内情報監視・制御システム

● 函館指令所集中監視システム

青函トンネルを含む管内のすべての列車運行情報を集中監視している。

異常が発生したときの情報収集と指令、通気制御を司る。

● 指令体制

司令室列車運行情報画面において火災を検知

↓

火災検知画面（○○列車右下床下等）

↓

総合指令長が監視卓に指示（支社長の指示を受けたその時点での統括者）

↓

各列車に指示／並行して現場責任者が現地対策本部設置

↓

通気制御パターンボタンにより通気制御

↓

駅長に現地対策本部長移管

↓

支社対策本部が現地乗務員に完全消火確認

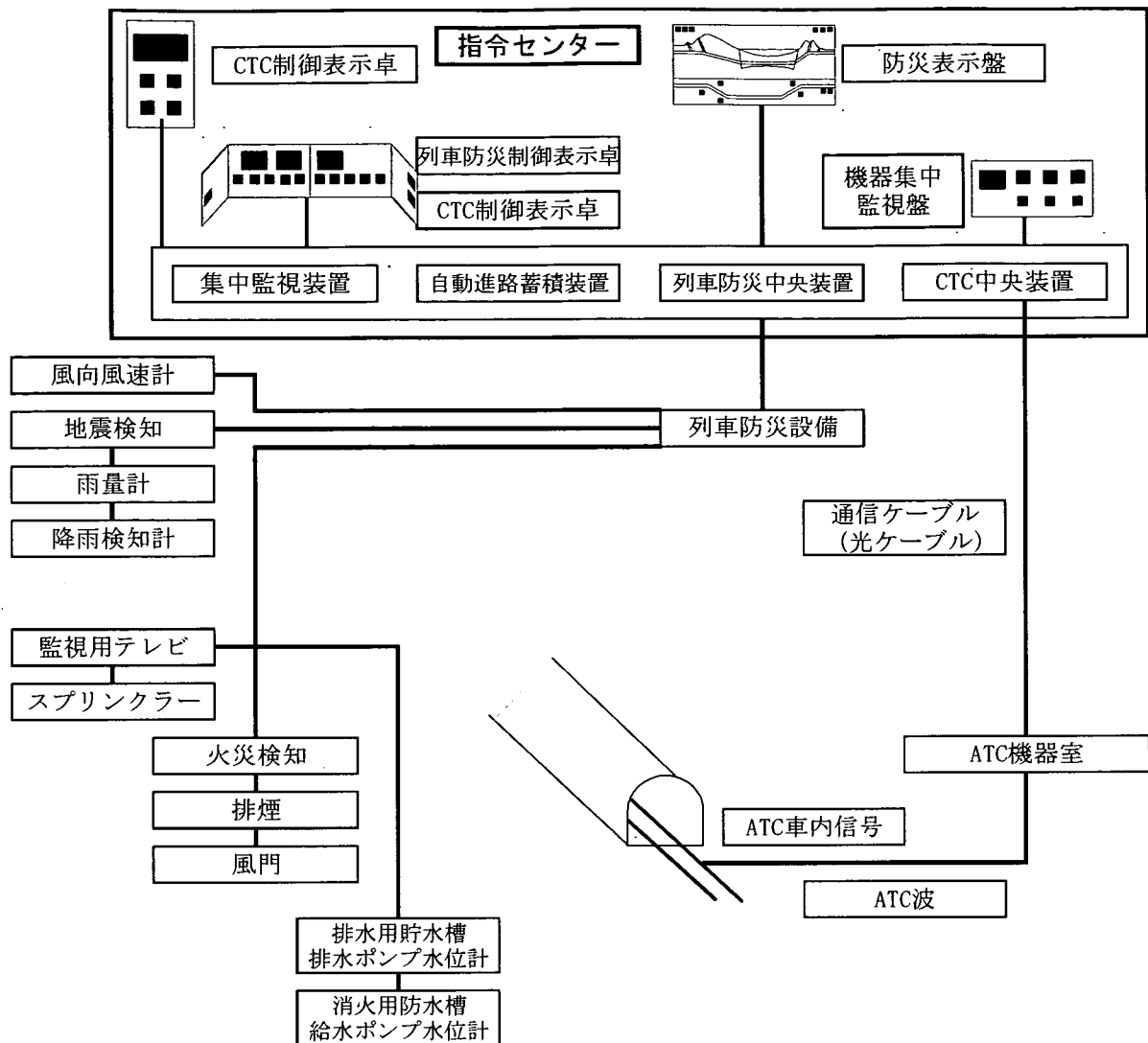


図 3-14 トンネル内情報監視システム概念図

3.3.4 坑口通気設備

- 排煙立坑

司令室からの制御で、災時に坑口に設置した排煙ファンを運転する。

排煙ファンは、風量 $10,000\text{m}^3/\text{min}$ ($385\text{kW} \times 6\text{P} \times 985\text{rpm}$) の能力を有する。立坑上部に火災ガス冷却用噴霧配管 (4 吋 \times 2 本、噴霧箇所 4 箇所) を設置し、ファンに高温空気が流入するのを防止する。水源として立坑近傍に貯水槽を設置している。吉岡側では強制流送、竜飛側は自然流下方式としている。

- 送風斜坑

常時運転し、トンネル内に新鮮空気を送る。

ファンは回転数変換により 2 段切替とし、通常時及び火災時の風量を切替える。

通常時：3,800 m³/min×183mmAq×1台、190kW×10P×580rpm
火災時：5,000m³/min×290mmAq×2台（10,000 m³/min）、370kW×8P×
740rpm

3.3.5 トンネル内防災・避難システム

- 通気制御

通常の通気経路は、両方の送風機室から各 3,800 m³/min が斜坑を降下し、作業坑トンネル中央で本坑に振り分け、本坑坑口に至る。

火災時は送風機能力を上げて各 10,000 m³/min が斜坑を降下し、避難所入気側通気門開放により避難所を通過して本坑ホームから本坑トンネル中央に向かい、火災ガスと煙と共に作業坑を通過して排煙立坑から排出される。

上記の結果、火災ガスと煙は本坑と作業坑トンネル中央部を汚染するが、駅付近、避難所、入気斜坑は安全区画となる。風量は入気と排煙がそれぞれ 10,000 m³/min でバランスすることと考えている。

- 避難所

入気側とホーム側両方に出入り口を有し、火災時には通気制御により常時入気となる構造としている。

避難所の設備としては、薬品、酸素ボンベ、長椅子（多数）、電話、トイレ等を常備している。水、食料等はない。坑外脱出までの一時避難の考えである。

- 消火システム

駅に「自衛消火団」用消火栓及び「消防」用消火栓を独立して設置している。定点には、壁面、床面に水噴霧消火設備を設置している。

- 通信システム

400mおきに電話を設置している。係員は一方通行音声付きポケベルを携帯し、指示により最寄の電話で坑外管理所または指令所に通信する。吉岡側のみ J-Phone の定点を有する。

- その他の防災対策

防災マニュアル（特にトンネル火災対策用）はハードコピーで常備している。電子化はされていない。

地震によるトンネル内の被害は少ないと想定されるが、40gal 以上で一時停車、地表の状況確認後 30km/h で地表脱出を原則としている。警報設定値は陸上で

10gal、トンネル内で 5gal とし、北海道側及び本州側に 2 箇所ずつ歪み計を設置して、トンネル内への列車の進入判断基準としている。

4. 坑内情報管理システム基本計画

4.1 坑内情報管理システムの基本機能

前章までに調査した地下施設の情報の管理システムのあり方に従い、瑞浪超深地層研究所に必要な坑内情報管理システムに必要な機能と情報を整理する。

4.1.1 基本機能

2.4.2 項において、一般論として地下施設の情報処理の具備すべき機能として、下記の項目を挙げている。

- 坑内情報の検知・伝送
- データの処理
- 坑内状況の監視、警報
- 異常状態の原因と異常発生箇所の特定
- 通気制御方法の表示、通気制御指令
- 異常状態の予測
- 避難所と避難路の表示、指示
- 消火方法の表示、自動消火

瑞浪超深地層研究所の坑内情報管理システムとして具備する基本機能は、整理すると下記の通りである。

① 情報検知・伝送・処理機能

坑内の通気や環境、坑外の気象、入坑者の位置や個人情報、設備の稼働状況などのデータを検知し、坑外に伝送、コンピュータ処理して使用可能な情報に変換する機能。

② 数値解析機能

受信した坑内外情報を数値解析し、異常状態の現状を把握すると共に、異常状態の変化の予測を行う機能。

③ 情報管理機能

受信した情報データベースとして蓄積し、必要に応じて他の機能が蓄積した情報を使用することが可能なように管理する機能。常時情報の監視を行い、異常状

態を早期に検知すると共に、警報を発する機能を含む。

④ 情報分析機能

データベースに蓄積されたデータや数値解析によって得られた情報を分析し、管理者やコンピュータが正確な判断を下すための支援を行う機能。

⑤ 表示機能

得られた情報(異常情報や数値解析結果、情報分析結果を含む)を表示する機能。

⑥ 制御・指示機能

管理者やコンピュータが下した判断に基づき、通気設備や消火設備の状態を制御したり、指示したりする機能。

⑦ シミュレーション機能

模擬信号等により異常状態をシミュレートし、入坑者の教育・訓練に資する機能。

⑧ 通信機能

入坑者との通信、外部との通信や情報伝達を行う機能。

4.1.2 機能構築に必要な情報

4.1.1 項で整理した瑞浪超深地層研究所の坑内情報管理システムとして具備する基本機能に必要な情報を分類すると、下記の通りとなる。

① 固定情報－システムを稼働させるために必要な坑道の属性や設備の位置・属性に関する情報。

② 監視情報－気象や坑内通気・環境、異常状態、入坑者、設備稼働状況など、主としてセンサで検知する情報。

③ 解析結果－監視情報をもとに数値解析を行った結果情報。

④ 通信－音声や視覚によって入坑者から得られる情報や伝達・指示。

このうち、今回構築する坑内情報管理システムの骨格部分である異常の検知および予測、対策に関する基本機能に必要な情報を整理すると、下記の通りとなる。

- 異常認識のための情報
 - ① 気象(坑外温度、湿度、大気圧)
 - ② 通常の通気状態(風速、圧力、温度、湿度)
 - ③ 通気状態の変化(あるべき姿との差)

- 影響予測のための情報
 - ① 異常発生の原因……プログラムにより判断
 - ② 異常の状況……プログラムにより判断
 - ③ 今後の異常状態の影響予測(坑内環境)……プログラムにより予測
 - ④ 今後の異常状態の影響予測(設備類－機械、ケーブル、通気設備、坑道状態)

- 最適通気制御方法の選択
 - ① 異常状態に応じた最適通気制御方法の選択……DB から選択
 - ② 通気制御後の異常状態の予測……解析

- 初期対策
 - ① 消火設備の配置
 - ② 最適初期消火対策の選択(自動かマニュアルか、水かその他か)
 - ③ 消火対策指示

- 避難のための安全区画の探索
 - ① 入坑者の位置と状態
 - ② 避難所の位置までの避難ルートの危険度
 - ③ 最適避難ルート探索と指示

- 状態の確認
 - ① 入坑者避難確認
 - ② 異常状態の経過

表 4-1 に坑内から得られる情報の整理と、情報管理システムの対象となるモデルとの関連づけを示す。また図 4-1 に上記で整理した坑内情報管理システム基本機能の情報処理概念フローを示す。

表 4-1 坑内情報の整理とモデルへの対応

情報種類		データ項目	情報種類・単位	超深地層研究所	東濃鉱山	プロトタイプ	基本計画	備考		
固定情報	坑道情報	位置情報	坑内座標	図面、デジタル	施工段階ごと	固定	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル	建設中は逐次更新	
		属性情報	坑道規格 支保種類 岩盤物性	図面、デジタル			東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル		
	設備情報	固定設備	設備配置 設備仕様 更新月日		消火設備、配管、ケーブル	消火設備、配管、ケーブル、軌道	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル	火災危険度分類 種別分類、その他	
		稼働設備	設備配置 設備仕様		掘削設備、スカフォード、キブル、キュービクル、重機、ファン、ポンプ	ファン、巻、ポンプ、トランス、ケーシング	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル	研究機器、照明、エアコン等	
	監視情報	気象情報	坑口気象	気温	(°C)	有	1点毎時1回	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル	情報更新毎に解析部に伝送
				湿度	(%)	有	1点毎時1回			
気圧	(hPa)			有	1点毎時1回					
監視情報	坑内環境情報 (センサ情報)	定点監視	風速	(m/s)	20~30点	坑内5点、坑口1点	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル	東濃鉱山は15secで1サイクル 1~2minに1回解析結果と比較	
			温度	(°C)	20~30点	坑内6点、坑口1点				
			湿度	(%)	20~30点	坑内6点、坑口1点				
			Fan 差圧	(Pa)	坑口主要ファン1点	坑内主要ファン1点				
	異常検知情報 (センサ情報)	定点監視	CO濃度	(ppm)	32点	—	—	超深地層研究所モデル		
			煙	(On/Off)	22点	—				
			CH ₄	(%)	—	—				
			O ₂	(%)	避難所19点、昇降デッキ2点	—				
			CO ₂	(%)	避難所18点、昇降デッキ2点	—				
	入坑者情報	個人情報	識別情報		事前入力	PHS	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル	防災に関わる情報	
			歩行情報		事前入力	—				
		入出坑情報	入坑時間	デジタル		IDカード	PHS	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル	
昇坑時間			デジタル		IDカード	PHS				
マンロケーション (定点監視)		通過信号	アナログ		パッシングセンサ	PHS	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル	東濃モデルでは出発点ペン入力検討	
		位置信号	アナログ		IDカード	PHS				
坑内監視	ITV	画像		坑内28台	坑内4台	—	超深地層研究所モデル	異常監視補助手段?		
設備稼働監視	稼働設備	稼働状況	(On/Off)	有	—	—	超深地層研究所モデル	異常内容、異常原因(停電、故障、点検)		
		異常情報		有	—	—				
解析結果	常時監視	熱環境解析	現場風量	(m ³ /min)	リアルタイム解析	リアルタイム解析	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル	単位時間毎に更新(全節点、全坑道毎)	
			標準風量	(m ³ /min)	リアルタイム解析	リアルタイム解析				
			乾球温度	(°C)	リアルタイム解析	リアルタイム解析				
			湿球温度	(°C)	リアルタイム解析	リアルタイム解析				
			相対湿度	(%)	リアルタイム解析	リアルタイム解析				
			エンタルピー	(kcal/kg)	リアルタイム解析	リアルタイム解析				
			絶対圧力	(mmAq)	リアルタイム解析	リアルタイム解析				
	異常状態	異常検知	火源	節点番号	常時監視・模擬信号	常時監視・模擬信号	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル		
			火災温度	(°C)						
		火災時解析	ガスフロント	節点番号	常時監視・模擬信号	常時監視・模擬信号	東濃鉱山モデル	超深地層研究所モデル		
CO濃度	(ppm)									
坑道温度	(°C)									
通信	会話通信	一斉通報	モニター	一方向通信	坑内全域74カ所	—	超深地層研究所モデル			
		固定通信	電話	双方向通信	坑内全域80箇所	—				
		移動通信	PHS	双方向通信	—	PHS			東濃鉱山モデル	
		誘導無線	双方向通信	—	—	—				
	表示通信				—	—	超深地層研究所モデル			

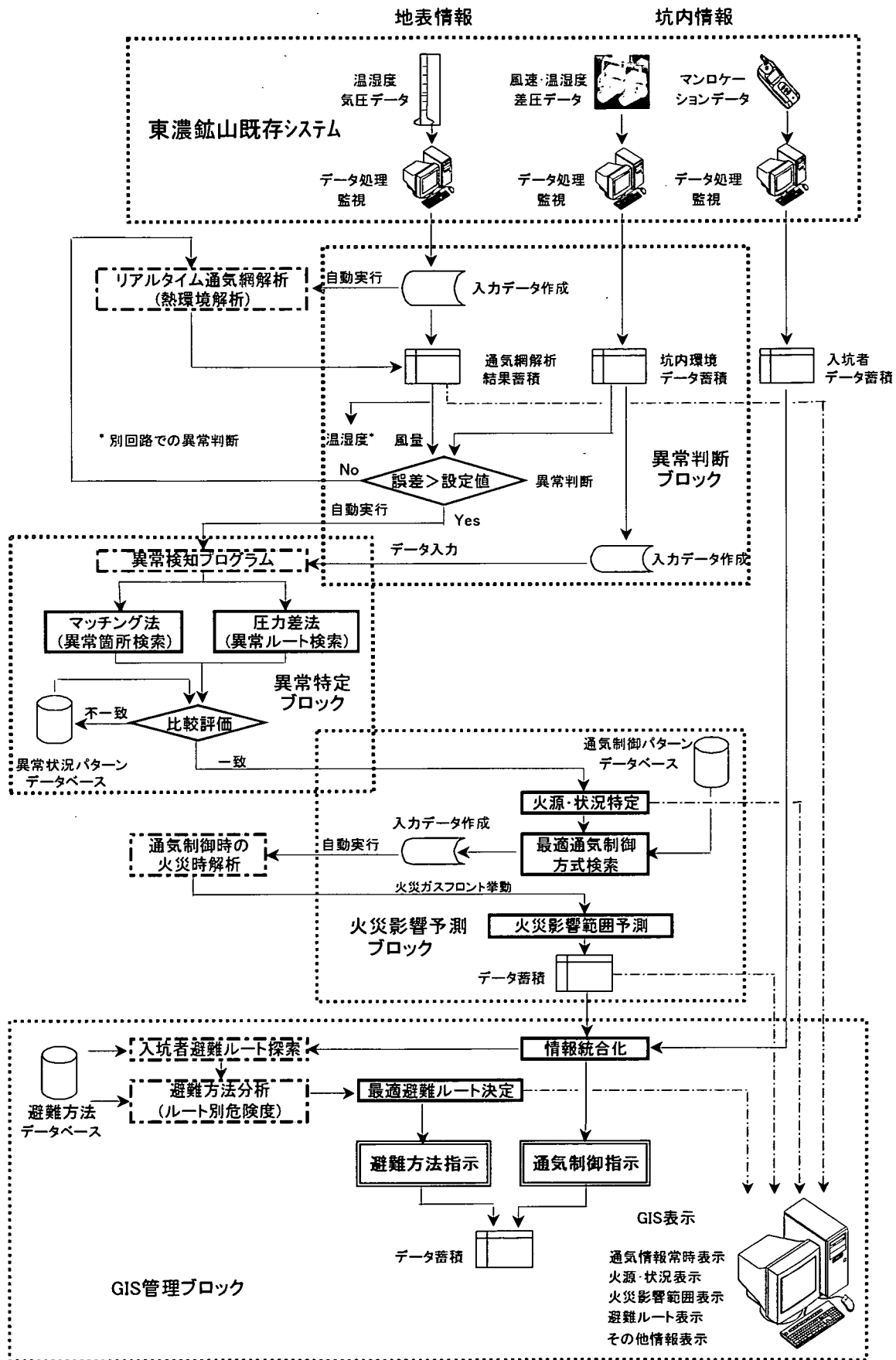


図 4-1 坑内情報管理システム基本機能情報処理概念フロー

4.2 坑内情報管理システムの基本構成

4.2.1 システム概要

本システムは、地下空間における総合的な情報処理を行うシステムである。これまでも、地下空間における様々な情報を把握するための管理、監視システムは存在し運用されてきた。しかし、それらのシステムから得られる情報は個別に存在し、多くの場合、管理者の高次の判断により運用が図られてきた。本システムは地理情報システム(Geographic Information System(GIS))およびエキスパートシステム技術を導入することで情報の統合および判断の支援を、行うことができる。また、同時にそれらの情報、解析結果ならびに判断結果を様々な方法で表現、伝達するシステムである。情報の統合化は素早く的確な判断を行うことを容易にし、特に非常時において迅速な対応をとることを可能とする。本システムは、坑内の様々な情報を管理するばかりでなく、管理者があらゆる問題を解決するための判断を行う為の意志決定支援システム (Decision Support System (DSS)) である。

また、本システムは、GIS を中心に構成され、データの一元管理、表示、解析ならびに通気網などの制御、指示などの総合管理が出来るシステムである。システム概念図を図4-1に示す。本システムはGISにより構成されるコアシステムと、解析、データベースなどの特定業務を行う機能を提供するサブシステムから構成される。各機能をサブシステム化することにより、機能の追加削除などを容易に行うことが出来るため、拡張性の高いシステムとなる。

4.2.2 基本構成

本システムはシステムの核となるGISが各サブシステムを統合することで一つのシステムとして動作している。システムは以下の3つに分類される。(1)メインシステムおよびサブセットを提供するGISシステム部、(2)坑内通気解析および異常時解析を行う情報処理・解析システム部ならびにセンサなどから得られる生データを収集し処理する情報監視システム部から構成される(図4-2、図4-3)。

(1) GISシステム

システムの核となるGISは、各サブシステムを統合するコア部分と、GIS機能が提供するサブシステム群から構成される。以下にGISが提供する各機能(サブシステム)を示す。

- ①総合情報管理データベース
- ②情報管理機能
- ③表示機能
- ④解析機能
- ⑤制御・指示機能
- ⑥WEB 情報開示
- ⑦トレーニング機能
- ⑧入坑者レクチャー機能

(2) 情報処理・解析システム

情報処理・解析システムは、検知・解析を行う演算部分と、異常パターンなどを蓄積するデータベース部分から構成される。

- ①解析システム
- ②異常検知システム
- ③異常箇所特定システム
- ④火災影響範囲解析システム
- ⑤通気情報データベース
- ⑥異常パターンデータベース
- ⑦通気制御データベース
- ⑧火災時解析データベース

(3) 情報監視システム

情報管理システムは、坑内および地上のセンサから取得される生データをコンピュータで利用できる形式に変換し、他の各システムへ渡す仲介作業を受け持つサブシステムである。

- ①通気情報管理システム
- ②気象データ情報管理システム
- ③入坑者管理システム
- ④設備管理システム
- ⑤坑内水管理システム

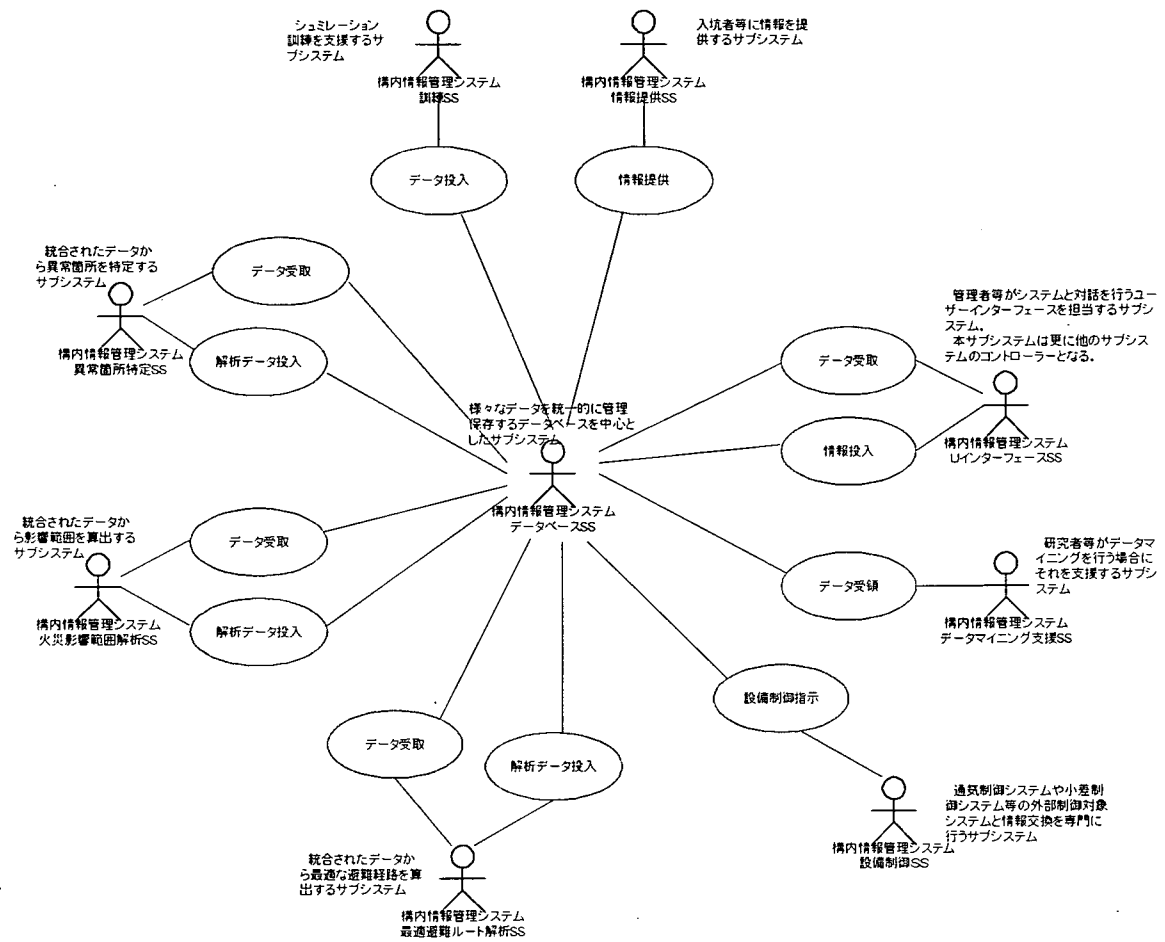


図 4-2 情報管理システム概念図

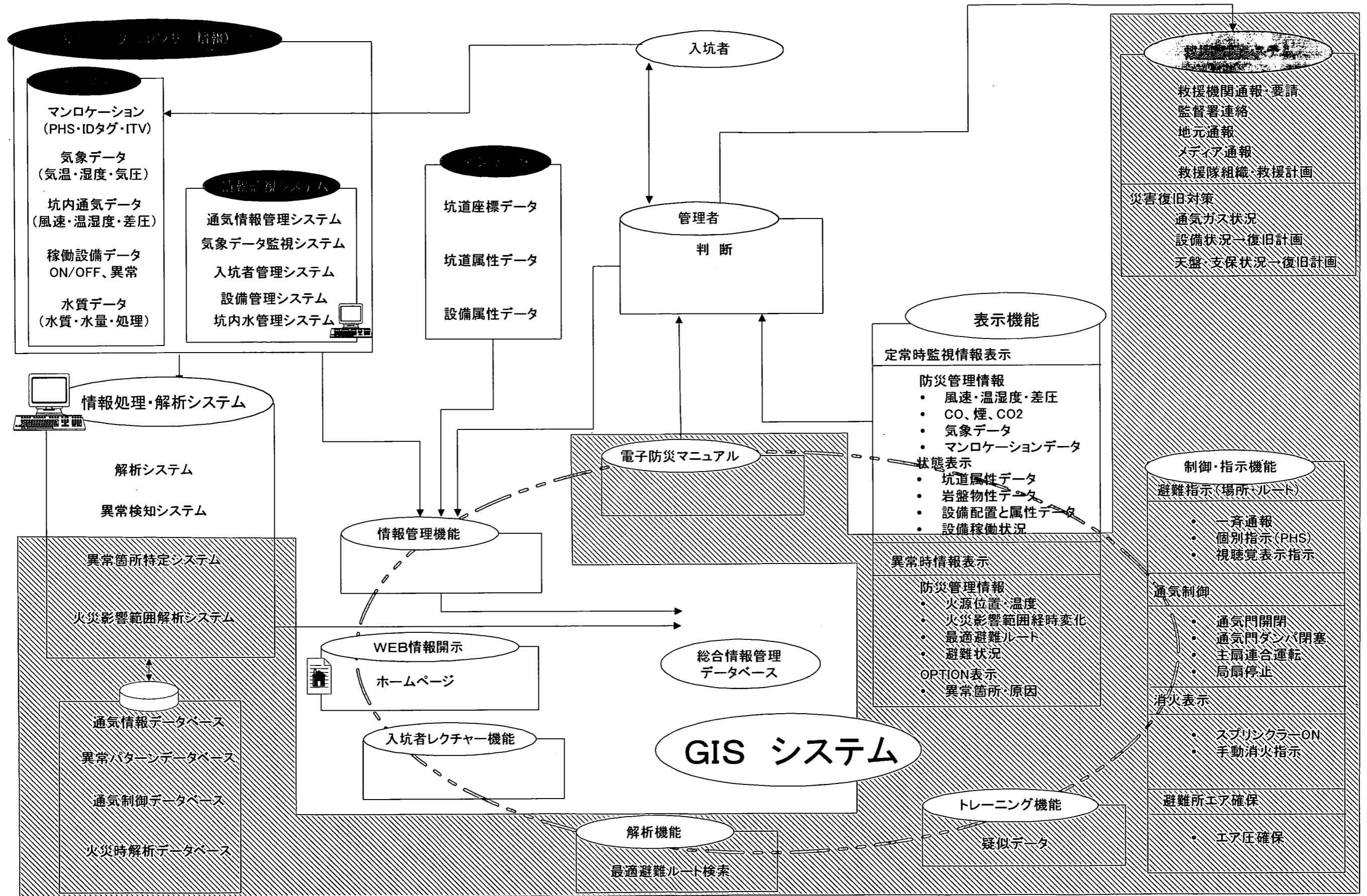


図 4-3 坑内情報管理システム 情報フロー

4.3 サブシステム

4.3.1 解析機能

(1) 通気異常特定システム

① 通気異常判断システム

通気網解析結果と坑内通気センサからの計測データを比較することで坑内の異常を検知するシステムである。比較の対象となる計測データは、風量(風速)、温度、湿度、絶対圧力があるが、ここでは最も取り扱い易い風量を対象とする。解析は有意な気象変化と考えられる特定時間ごとにリアルタイム通気網解析を行い、計測データとの比較によって異常が検知された時に、計測値を坑内異常箇所と原因特定を行うシステムに送り込む。

② 坑内異常箇所の検索システム

センサが設置されている通気回路で異常が発生した場合の風量変化パターンを、事前に異常状況毎にシミュレーションした異常状況パターンデータベースの風量と比較し、最も良く一致したパターンから異常発生箇所を想定する。

③ 坑内異常ルート検索システム

センサが設置されている坑道の風量に変化した時に発生する圧力変化から、異常が発生した通気回路(ルート)を想定する。

④ 坑内異常箇所及び原因特定システム

坑内の特定箇所では異常(火災)が発生した時の風量と圧力変化をシミュレーションし、データベースとして蓄積する。

(2) 火災影響範囲予測システム

① 最適通気制御方式検索システム

事前に種々の通気制御パターンと火源及び状況を組み合わせたシミュレーションを行いデータベースに蓄積し、特定された火源及び状況に対し避難ルートと避難時間を確保するのに最も適した通気制御方式を検索するシステムである。

② 火災影響範囲予測システム

通気制御時の火災時解析によって得られた火災ガスフロントの挙動から、時間

経過毎の火災影響範囲を自動的に予測する。

4.3.2 分析機能

(1) 避難シミュレーションシステム

入坑者ごと(入坑者グループの位置ごと)の避難ルートごとの避難に要する時間を求め、火災影響範囲から避難中の入坑者が受ける危険度を求め、最も危険度が小さいルートを決する避難シミュレータである。

本システムは GIS の分析機能を活用し、避難の出発点と到達点をあらかじめ想定してルートごとの危険度を算出、評価するシステムとする。

最適避難ルート解析は坑内における火災などの災害発生時に、入坑者を地上または退避場などの安全な場所へ最も危険度の低いルートで誘導するための意志決定を支援するためのシステムである。最適避難ルート解析は本システムが持つデータおよび各サブシステムから送られる解析結果などを取り込み総合的な解析を行う(図4-3)。

退避ルートの選定は、有害ガス濃度および通気温度データから決定される(井上, 2000)。本システムでは異常検知、異常箇所特定、火災影響範囲解析などを行う情報処理・解析サブシステムにより、有害ガス濃度および通気温度データの予測を行うことで、退避ルート選定に必要な有害ガス濃度および通気温度データを取得する。避難シミュレーションは、選定結果をデータベースに蓄積するため、解析結果は一過性のデータではなく時系列に従って表示することが可能であり、かつ、他のデータと関連付けることが容易であるため、結果の検証などを容易に行うことが出来る。

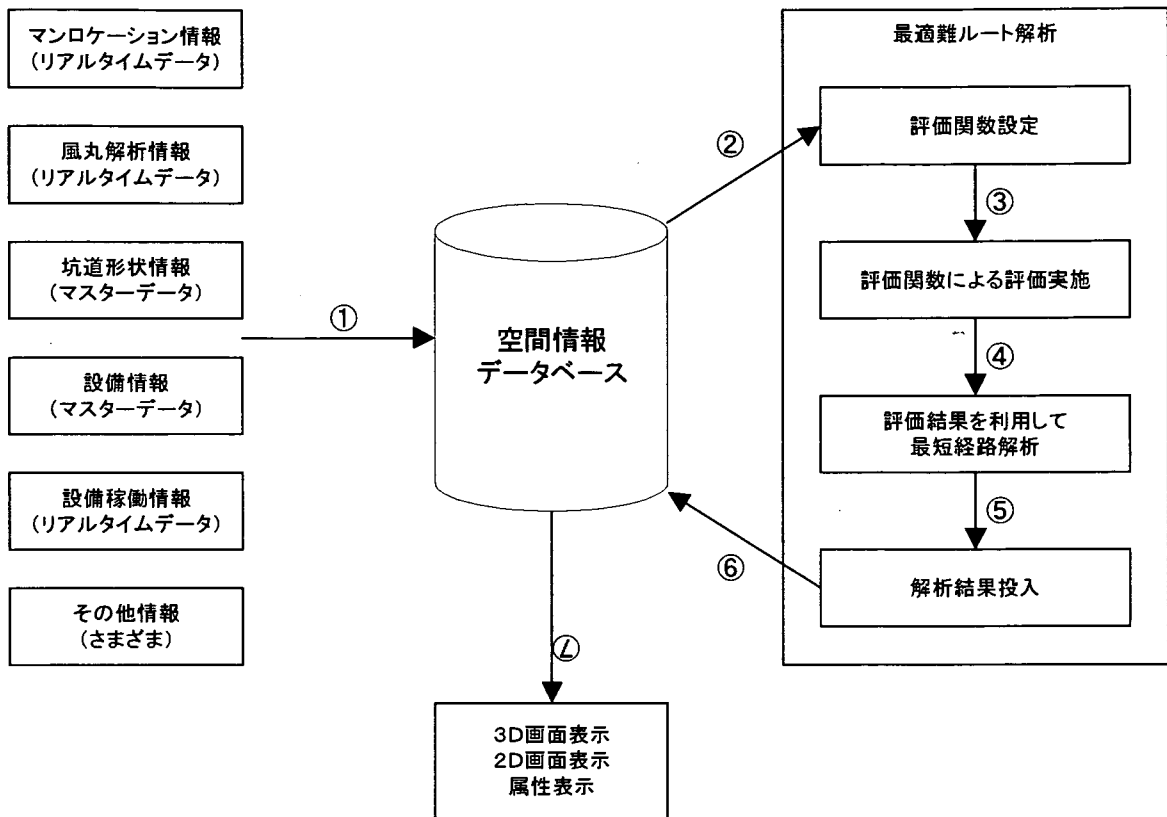


図 4-4 最適避難ルート解析概念図

②避難方法指示システム

決定された最適避難ルートを通信設備への自動送信手段により入坑者に指示するシステムである。通信設備は PHS、電話、ID タグ、誘導無線方式など複数の手段で個別通信、一斉通信に対応出来ることを念頭に置く。

③避難方法データベース

避難シミュレータにより最も危険度が小さいルートを決定するための時間を短縮するため、事前に入坑者の位置ごとに避難ルートを検索し、避難に要する距離や時間を計算し、データベースに蓄積するシステムである。

④通気制御指示システム

火災影響予測ブロックで求められた最適通気制御方法に基づき、通気設備を稼働させる通気制御シミュレータである。

4.3.3 表示機能

本システムでは GIS 機能の ArcMAP および ArcScene により 2D、3D の表示を行うことが出来る。ユーザーはその都度、用途に応じて好みの画面を選択する事が出来る。表示機能は各サブシステムおよびデータベースからデータを受け取り加工し、管理者端末に表示する。表示は定常時における定常時監視情報表示と異常時における異常時情報表示機能がある。以下に本システムで表示する項目および概念図を示す。

(1) 定常時監視情報表示

- ・防災管理情報

 - 風速・温湿度・差圧

 - CO・煙・CO2

 - 気象データ

 - マンロケーションデータ

- ・状態表示

 - 坑道属性データ

 - 岩盤物性データ

 - 設備配置と属性データ

 - 設備稼働状況

(2) 異常時情報表示

- ・防災管理情報

 - 火源位置・温度

 - 火災影響範囲経時変化

 - 最適避難ルート

 - 避難状況

- ・OPTION 表示

 - 異常箇所・原因

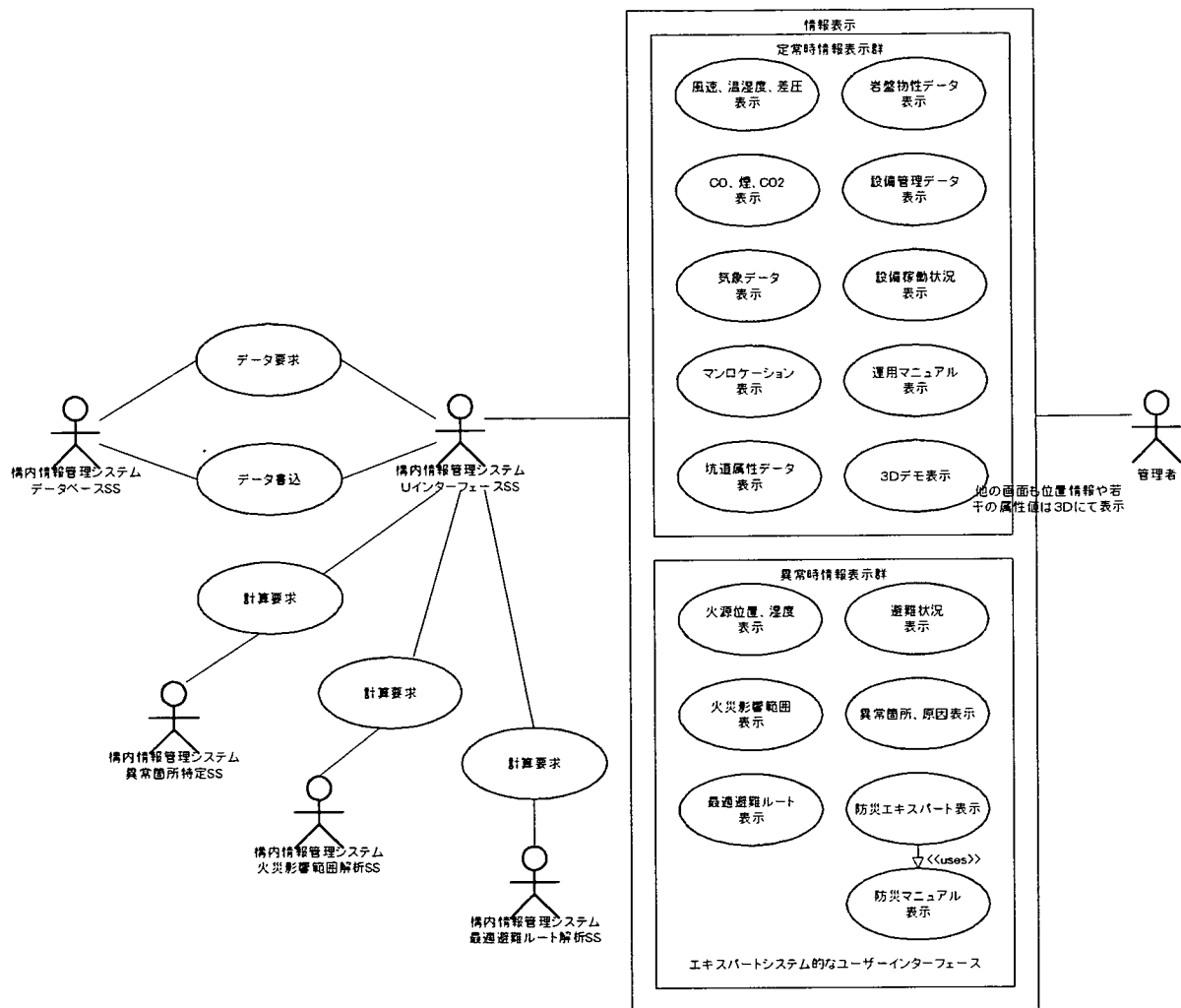


図 4-5 坑内定常時および異常時情報監視機能の概念

4.3.4 制御・指示機能

制御・指示機能は、本システムを構成する各サブシステムからの解析結果などにより、管理者が行う制御・指示の実行判断を支援する機能である。以下に制御・指示機能を示す。

- ・避難指示（場所・ルート）
 - 一斉通報
 - 個別指示（PHS）
 - 視聴覚表示指示
- ・通気制御
 - 通気門開閉
 - 通気門ダンパ閉塞
 - 主扇連合運転
 - 局扇停止
- ・消火表示
 - スプリンクラーON
 - 手動消火表示
- ・避難所エア確保
 - エア圧確保

4.3.5 防災マニュアル

防災対策に関しては、予め防災マニュアルを定めておき、火災発生後の迅速な対応が必要である。

防災マニュアルは、中央管理室用及び入坑者用個別に作成し、その内容は情報処理システムの程度に応じて自動化する。電子(自動化)防災マニュアルは異常が検知された時に自動的に稼働し、異常の原因と発生箇所に対応した項目を画面上に表示し、管理者の判断支援を行うと共に、管理者が対応すべきフローを表示し、判断のヒューマンエラーや対応の漏れがないように支援する。

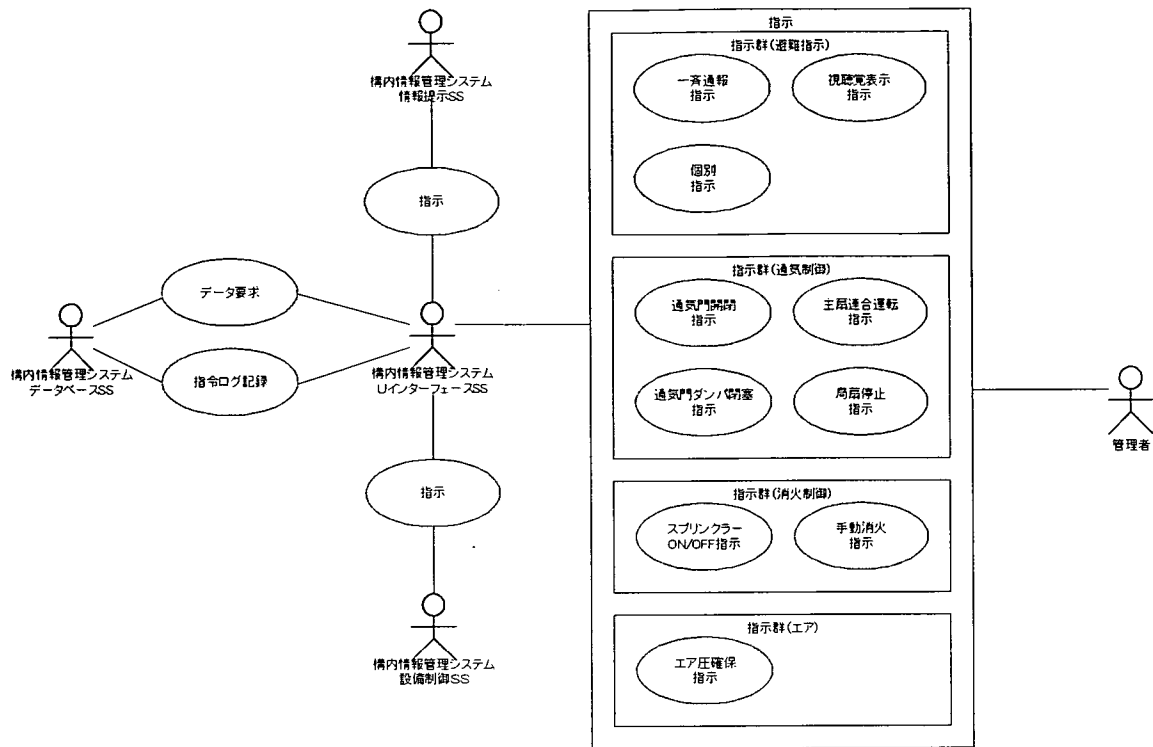


図 4-6 通気制御・指示機能の概念

防災マニュアルは下記の項目から構成される。

- ◆ 平常時の坑内巡回時チェックマニュアル
- ◆ 平常時通気制御マニュアル
- ◆ 火災発生時の対応マニュアル
- ◆ 初期消火マニュアル
- ◆ 火災時通気制御マニュアル
- ◆ 避難誘導マニュアル
- ◆ 消防隊マニュアル
- ◆ 救助隊マニュアル

5. 坑内情報管理システムの構築

5.1 坑内異常判断システムの構築

5.1.1 異常判断システムの理論構成

(1) はじめに

風量データが測定により得られる場合、このデータを風量解析に取り込めば、通気抵抗データが、実際の抵抗に正確に対応していなくても、＜風量データに対応する、より実際に近い風量分布＞が得られる。さらに、＜通気抵抗変化に迅速に対応できる＞、＜異常な坑道の情報が得られる＞という利点がある。この場合、風量データの与え方が要点であるので、まずその方法について説明する³⁾。

異常な坑道の情報とは、坑道の崩壊や、火災などが考えられる。風量の変化は迅速に伝達するので、火災の場合、火災ガスが火災のセンサを通らない場合や、センサに到達する前の火災初期に検知できる可能性がある。

(2) 風量要素と定風量坑道の区別

風量要素および定風量坑道は、いずれも風量をデータとして風量計算にあてるものである。風量要素は、本システムで新たに定義した要素であり、長さ、通気抵抗、両端の節点の高度差がいずれも 0 (ゼロ) である。一方、定風量坑道は従来から用いられているが、長さなどに関する条件はない。風量要素は調量門、あるいは、風量の測定箇所などに対応するものであり、定風量坑道は、風量要素と同じか、あるいは風量要素と通常の坑道の組合せに対応する。風量要素を用いれば、定風量坑道を用いる必要は全くないので、できるだけ定風量坑道は使用しない方が望ましい。以後の説明では風量要素のみを用いる。なお実際の通気網データの取り扱いでは、風丸では＜坑道作成＞＜定量風道＞で風量データを与えるようにしている。この際、両端の高度差がない 2 点を結んで定量風道を作成すれば、これは風量要素と解釈される。

定風量坑道は柔軟で便利なように思えるが、曖昧であり種々の解析には不適當である。例えば、坑内で調量門を撤去した場合を考える。このとき、通気網データにおいて、調量門を風量要素としていた場合には、単にこれを消去し、両端の節点を 1 つにすればよい。一方、定風量風道としていた場合には、その定風量風道が通常の風道を含んでいたかどうかを調べなければならない。含んでいた場合は、定風量坑道を消去した上で、その風道の通気抵抗をもつ通常の坑道を、通気網データに加えなければならない。この他、定風量坑道は、その両端の圧力差の意味が曖昧で、風量データを利用した異常坑道の検出にも利用できない。

(3) 風量要素の有効と無効

風量データを取り込んだ風量解析を行う場合には、通気網データには風量要素が必要である。一方、種々の条件における風量分布のシミュレーションの場合には、風量データは未知であるので、通気網データに風量要素が含まれていると不都合を生じる。このため、風量データを取り込んだ風量解析と、風量分布のシミュレーションを繰り返す場合には、風量要素を通気網データに加えたり削除したりしなければならないことになる。これは煩雑で間違いを生じ易い。両者のデータを独立にすることも考えられるが、データの整合性を常に保つことは困難である。

そこで、通気網データに風量要素を含んだままで、必要に応じて風量要素を削除した場合と同じ結果が得られるようにできれば、實際上便利である。風量要素の場合、通気抵抗は0なので、これは簡単であり、単に両端の節点を同一として処理するようプログラムを作成すればよい。風丸はこのように作成されている。

風丸は風量要素の風量を0とすると、その風量要素を「無効」にし、その両端の節点は同じものであるとして計算を行う。これに0以外の風量を与えると、その風量要素を「有効」にし、その風量を取り込んだ風量計算を行なう。このため、風量要素を通気網データに残したままで、風量を取り込んだ計算と取り込まない計算を切り替えることができる。風量要素を残したままで、それを計算に使用しないことを、風量要素を「無効」にすると呼ぶ。この場合、風量要素の風量が<#0#>マークで表される。なお、この機能は風量センサの故障などで、データを風量要素の与えることができない場合にも使用する。なお、風量に0というデータを与えたい場合には、実質的に0と見なせる数値、例えば0.001などを与える。

(4) 風量解析への風量データの取込の例

図 5-1 は同通気網の平常時の通気抵抗、風量、圧力を示したものである。坑道 5-20 および 5-6 は風量要素である。風丸では風量要素も定風量坑道と同様に破線で示される。同図では風量要素を無効にしているので<#0#>マークが表されている。また、ここに風量センサが設置されていれば、それぞれ 833 および 644m³/min という風量を得られるであろう。

図 5-2 は坑道 6-21 に異常が生じた場合として、通気抵抗が 20 から 30 に変化した場合の風量を示している。ここでも、風量要素を無効にしている。風量センサが設置されていれば、それぞれ 872 および 592 m³/min という風量を得られるであろう。

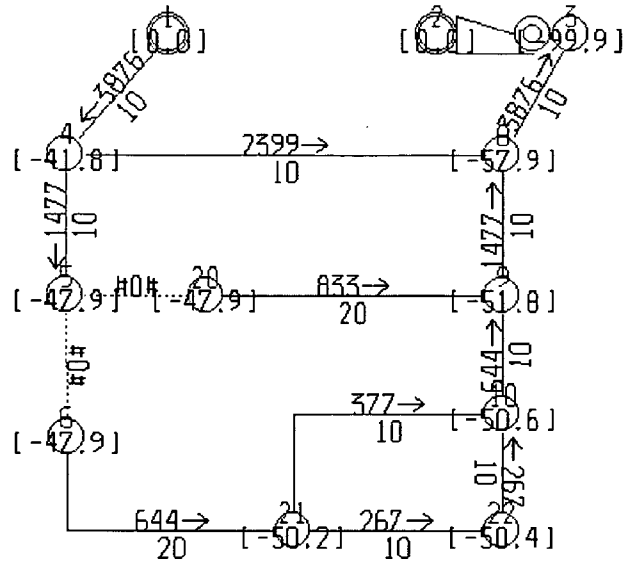


図 5-1 平常時の通気抵抗、風量、圧力を示した通気網

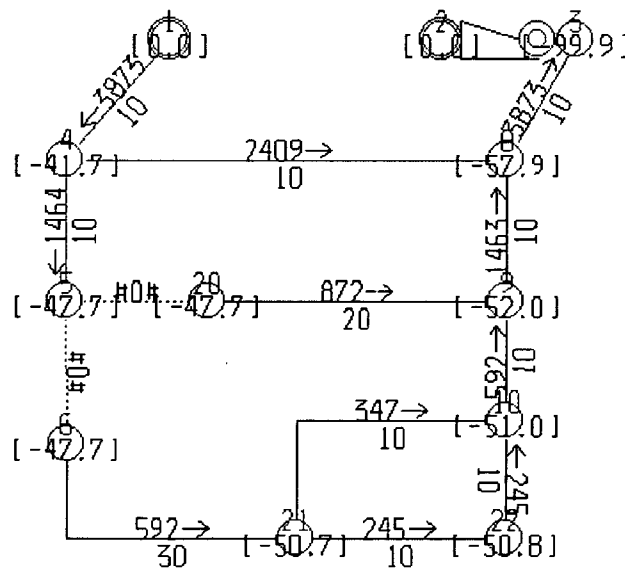


図 5-2 坑道に異常が生じた場合の通気抵抗の変化にともなる風量変化

図 5-3 は、平常時の通気抵抗のまま、風量要素を有効にし、異常時の風量データ(872 および 592)を風量要素に与えて風量計算したものである。通気網データで使っている通気抵抗は異常時の状態に対応していない。すなわち、坑道 6-24 の通気抵抗が、30 であるべきところが 20 となっている。風量データを使用していなければ、結果は図 5-1 と同じになり、異常時の風量を得ることはできないはずである。しかし、風量データが正しいので、風量分布は、図 5-2 と同じ異常時の結果が得られている。

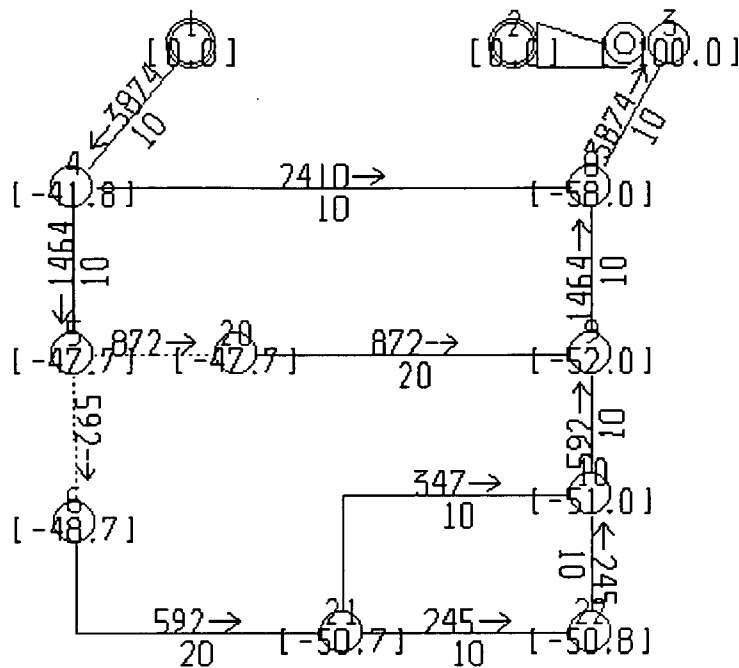


図 5-3 風量要素を用いた異常時の風量計算結果

風量要素 5-6 の両端の圧力は同じではなく、ここに圧力差が生じている。風量要素は通気抵抗が 0 と定義されており、ここに圧力差が生じることは異常である。このことは、この風量要素が関係する回路においてなんらかの異常が生じていることを示している。また、通気網データを異常時の通気抵抗(坑道 6-24 に抵抗 30)に変更して解析すれば、この要素に圧力差は生じない。風量要素のこの性質は後述する、風量データによる異常坑道の検出の 1 つの方法として用いられている。

(5) 風量データによる坑道の異常検知

風道の崩壊などで、通気網に異常が生じると風量分布が変化する。通気網内の風量が測定されていれば、その変化から異常の有無を知ることができ、その位置および抵抗の変化量を推定できる。本システムでは、予め各々の風道の通気抵抗が変化した場合の風量分布をデータベースとして蓄え、測定風量とこのデータベースの風量とのパターンマッチングを行い、異常風道を検索する。この方法をマッチング法というが、これについては井上⁴⁾に記載されている。風量データによる通気抵抗異常風道の検出、資源と素材、8、661-666、1994)。また、風量要素の圧力が通気回路に異常がある場合には同じにならないことを応用した異常の検出も合わせて行っている(同文献、圧力差法)。

例として図 5-1 に示した通気網を考える。同図に示されている通気抵抗と風量分

布が平常時の値であり、風量は風道 5-20 および 5-6 の風量要素の部分で測定されているとする。風道 6-21 に異常が生じ、通気抵抗が 20 から 30 に変化した場合の風量分布が図 5-2 である。この場合の風量変化をマッチング法で解析した結果を表 5-1 に示す。

同表で、SUM (残差平方和差) はパターンマッチングの程度を表すものであり、小さいほどマッチングの程度が高い。SUM は小さい順に並べているが、上から 4 番目までが、他に比較して桁違いに小さいので、通気抵抗の変化は風道 9-10、21-10、6-21、21-22 のいずれかである可能性が大きい。この表では、わざと同じ影響を与える風道を省いていない。これらはこの風量測定箇所配置では分離不能であるので、実際はどれか 1 つで代表すべき風道である。異常坑道が風道 9-10 または 6-21 とした場合は、通気抵抗の変化はほぼ 10 murgue と推定され、実際の変化によく一致している。

表 5-2 には、圧力差法による検出のための、風量要素の圧力差を示す。異常が生じている坑道に接続する方の風量要素 5-6 の圧力差が 0 ではなく、かつその圧力に対応する抵抗がほぼ 10 murgue と推定されている。他方の圧力差はほぼ 0 であり、風量要素 5-6 の通気回路で、かつ風量要素 5-20 の回路でない部分に異常があると推定される。

表 5-1 マッチング法による異常風道の推定結果

Airway sum Flow [m3/min] Resistance [Murgue]					
変化前	変化後	変化前	変化量		
[21- 10]	0.00012	377->	56	10.0+	1144.1-> 1154.1
[9- 10]	0.00013	-644->	-592	10.0+	10.2 -> 20.2
[6- 21]	0.00018	644->	592	20.0+	10.3 -> 30.3
[21- 22]	0.00035	267->	-196	10.0+	29.7 -> 39.7
[1- 4]	3.08987	3876->	3636	10.0+	3.2 -> 13.2
[4- 5]	3.09004	1477->	1386	10.0+	5.5 -> 15.5
[8- 9]	3.09007	-1477->	-1386	10.0+	5.5 -> 15.5
[3- 8]	3.09013	-3876->	-3636	10.0+	3.2 -> 13.2
[20- 9]	0.17778	833->	888	20.0+	-5.0 -> 15.0
[8- 4]	3.09022	-2399->	-2544	10.0+	-2.6 -> 7.4
[3- 8]	3.21057	-3876->	-4116	10.0+	-2.7 -> 7.3
[8- 9]	3.21101	-1477->	-1569	10.0+	-4.6 -> 5.4
[4- 5]	3.21123	1477->	1569	10.0+	-4.6 -> 5.4
[1- 4]	3.21260	3876->	4116	10.0+	-2.7 -> 7.3
[21- 22]	6.15389	267->	730	10.0+	-30.2 -> -20.2
[6- 21]	6.16979	644->	697	20.0+	-8.1 -> 11.9

*風量のマイナスは風向と風道の表示が反対ということを示す。

表 5-2 風量測定部の圧力差

Airway	Pres.(mmAq)	Res.(Murgue)
[5- 6]	0.9689	9.9522
[5- 20]	-0.0052	-0.0244

表 5-1 は左から坑道、マッチング法による推定誤差の残差平方和 (SUM、小さいほど推定が信頼できる)、変化前の風量、変化後の風量 (推定値)、変化前の抵抗、抵抗変化量 (推定値)、変化後の抵抗 (推定値) である。また、上半分は抵抗が増加

したと仮定した場合の推定結果で、下半分は抵抗が減少したと仮定した場合の推定結果である。両者のなかで SUM が小さいほど推定が信頼できる。

今回の例では、坑道 6-21 の抵抗が 20 から 30 に増加している。従って、坑道 6-21 が最初に来ると思われるが、そうはなっていない。これは上位の 4 つの坑道 (21-10, 9-10, 6-21, 21-22) はいずれも同じ影響を風量分布に与えるからで、どれが最初にくるかは決められない。今回の風量センサ (風量要素) 配置では分離不可能である。なお、坑道 10-22 も同じ影響を与えるが、これは坑道 21-22 と直列で直接つながっているので自動的に省かれている。

坑道 9-10 について見ると、これは坑道 6-21 と直接つながっていないが、直列である。推定された抵抗の変化量も、実際の変化量とほぼ同じ 10.2 と抵抗もうまく推定されている。

坑道 21-10 について見ると、これと坑道 21-22-10 は並列接続した上で坑道 6-21 と直列接続されている。並列の 2 本の坑道の変化前の合成抵抗は 3.4 (10 と 20 の並列合成) である。坑道 21-10 が変化すると仮定した場合、変化後の抵抗は 1154 である。従って変化後の合成抵抗は 15.6 (20 と 1154 の並列合成) である。本来は 13.4 程度と考えられるが、並列接続による間接的な関与であるため、この程度の推定となっている。

坑道 21-22 が変化すると仮定した場合、変化後の抵抗は 39.7 である。このときの合成抵抗は 4.8 (10 と 49.7 の並列合成) であり、本来は 13.4 程度でなければならないことを考えると、この場合の抵抗変化の推定は実際とかなり異なる。この理由は、坑道 21-22 の抵抗が無限大に大きくなったとしても、この並列合成の値は 10 であり、本来の値になることは決してできない。すなわち、この仮定では不可能な推定であるためと考えられる。

表 5-2 は左から風量要素、風量要素での圧力差、その圧力差と風量から求まる通気抵抗である。定義より風量要素は通気抵抗が 0 であるので、ここに圧力差は生じないはずである。しかし、坑道に異常が生じ、風量と通気抵抗が対応していないときには圧力差が発生する。これが圧力作法による異常の検出の原理であり、前述の通りの解釈となる。

風量計算において、風量をデータとして与える目的には 2 つの場合がある。一つは通気計画などで予定した風量を与える場合であり、いま一つは実際に測定された風量を与える場合である。後者はその風量が実際に流れているので、この指定そのもの問題はない。しかしながら、前者は問題があることがある。すなわち、風量制御のための通気抵抗の調節可能な範囲は、0 から無限大であるが、通気抵抗を 0 にして流れる以上の風量を流すことは不可能である。この最大風量以上の風量を流すためには、ファンを用いなければならない。これは風量計算の結果、風量を指定

した部分の圧力差が、通気が流れる方向に正であるか負であるかを調べることで確認しなければならない。

予定した風量をデータとして与える場合は、矛盾を含む可能性があるが、扱い方が簡単であり、単純な解析では便利なため、従来から漏風、ガス湧出による風量増加、ファンの代用として用いられている。漏風を表した場合、その通気網を作成した段階では、その風量と方向が妥当であったとしても、周囲の状況が変化すると、圧力が低い方から高い方へ流れるという条件になってしまうことがある。従って、通気網における様々な変化を考慮するシミュレーションを行う場合には、漏風回路の代用として風量要素を用いることは望ましくない。ガス湧出による風量増加を表す場合、ガスの湧出源の圧力は通気網内の圧力差に比較すると桁違いに大きいので問題はないと考えられる。また、ファンの代用とする場合には、ファンの特性曲線を見捨てるという点では問題はあるが、上述の理論的な矛盾はほとんど生じない。

5.1.2 坑内異常判断システムの構築

1) 概要

本システムは、東濃鉾山の坑内に設置した風速、温度、湿度センサの計測値及び坑外の温度、湿度、気圧の気象計測値を利用して、

- ① 坑内の通気異常を監視する
- ② 異常時には、異常の特定及び火災時解析を行い、地下情報 GIS 統合システムに必要なデータを提供するシステムである。

2) 機能

- (1) 坑外のセンサで計測されている温度、湿度及び気圧の気象データを取り込み、通気網解析用入力データファイルを作成し、通気網解析を実行する。
- (2) 通気網解析の結果を通常正常値と比較し、異常の場合、異常検知システムを実行する。
- (3) 坑内の監視システムのセンサで計測されている風速、温度及び湿度のデータを取り込み、異常検知システム用入力ファイルを作成し、異常検知システムを実行する。その後、火災時解析の実行を行う。
- (4) 通気網解析結果データ及び火災時解析の結果データを GIS 表示システム用ファイルを作成し、GIS へ提供する。
- (5) 風丸関係のファイル、気象計測値及び監視計測値、GIS へ渡すファイルなどの読込先、書き込み先などは画面から設定することができる。

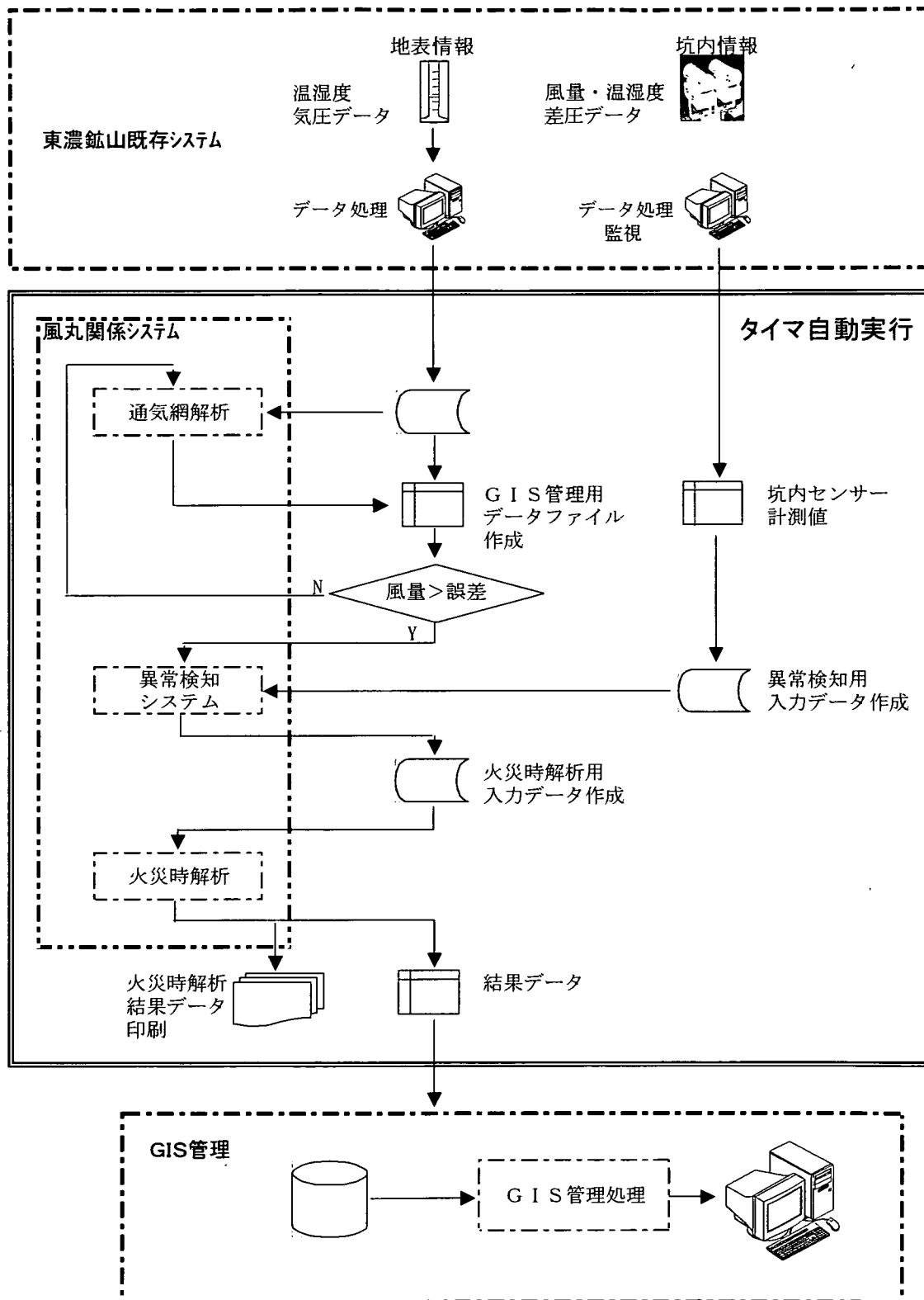


図 5-4 基本プログラム開発フロー

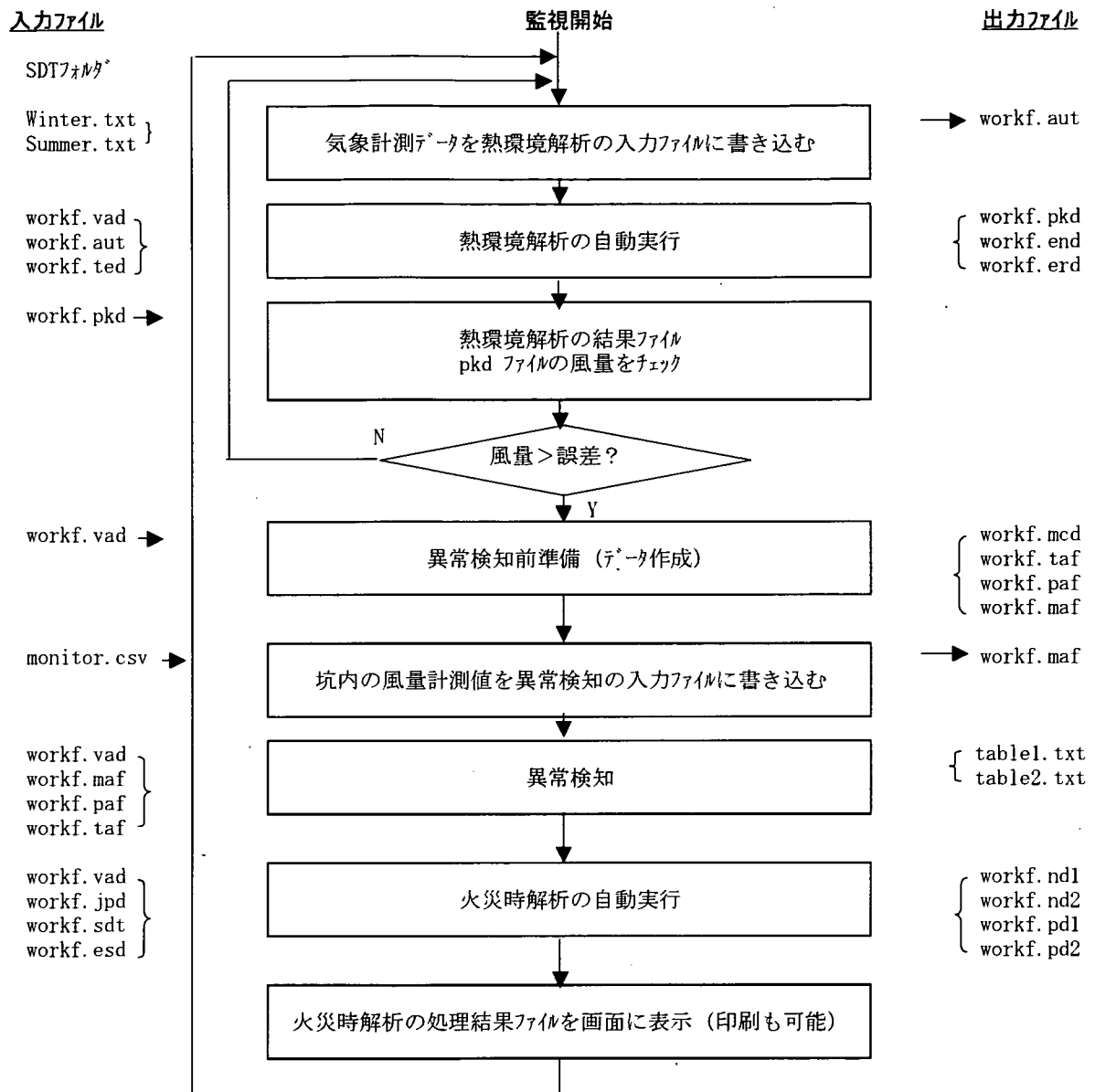


図 5-5 プログラムの処理流れ及び入出力ファイル図

表 5-3 風丸のディレクトリ構成

ディレクトリ名	説明
C:\Y0-風丸	風丸関係の実行環境のルート・フォルダ
¥1-温大	通気網解析用パラメータ、出力及び実行の各種データファイル格納用
¥SDT	通気網解析用パラメータの各種データファイル格納用
KOntaGAT.exe	通気網自動実行ファイル
workf.vad	入力ファイル (東濃鉱山熱環境解析用データ)
workf.aut	入力ファイル (自動実行用)
workf.ted	入力ファイル
workf.pkd	結果ファイル (風量)
workf.erd	結果ファイル (温湿度)
workf.end	結果ファイル
¥2-異常検知	異常検知システム用パラメータ、出力及び実行の各種データファイル格納用
¥SDT	異常検知システム用パラメータの各種データファイル格納用
¥DosTL	異常検知システム実行の各種データファイル格納用
AvUnnormal.bat	異常検知システム実行ファイル1 (初期化設定)
Avmck.bat	異常検知システム実行ファイル2 (異常特定)
table1.txt	結果ファイル1 (変更した坑道)
table2.txt	結果ファイル2 (異常坑道)
workf.vad	入力ファイル (東濃鉱山熱環境解析用データ)
¥3-火災時解析	火災時解析用パラメータ、出力及び実行の各種データファイル格納用
¥SDT	火災時解析用パラメータの各種データファイル格納用
Avwin_esc.exe	火災時解析自動実行ファイル
workf.vad	入力ファイル (東濃鉱山熱環境解析用データ)
workf.jpj	入力ファイル
workf.sdt	入力ファイル (火災パラメータ)
workf.esd	入力ファイル (危険温度、危険湿度)
workf.nd1	結果ファイル (節点ガス情報)
workf.nd2	結果ファイル (節点ガス情報)
workf.pd1	結果ファイル (坑道ガス情報)
workf.pd2	結果ファイル (坑道ガス情報)

表 5-4 基本プログラムディレクトリ構成

ディレクトリ名	説明
C:\¥1-Fire	坑内通気異常監視・火災時解析システムの実行環境のルート・フォルダ
¥4-GetWeatherData	気象計測値データファイル格納用の実行環境のルート・フォルダ
Ydata	気象計測値データファイル格納用
summer.txt	夏季の気象データファイル (7月)
winter.txt	冬季の気象データファイル (1月)
other.txt	その他の気象データファイル (1月、7月以外の月)
気象計測値データファイル	20030101.csvのようなXXXX年XX月XX日の気象計測値データファイル
GetWeatherData.vbp	結果ファイル (風量)
GetWeatherData.vbw	結果ファイル (温湿度)
basGetWeatherData.bas	結果ファイル
¥5-Monitor	坑内監視システムのセンサ計測値データファイル格納用
monitor.csv	坑内監視システムのセンサ計測値データファイル
¥6-GiveDataToGIS	GISへ提供する温太実行結果データファイル格納用
erd.txt	GISへ提供する温太実行結果データファイル (温湿度)
pkd.txt	GISへ提供する温太実行結果データファイル (風量)

5) 画面説明

(1) 使用するアプリケーションの設定について

通気網解析

火災時解析実行結果

ファイル(nd1)				ファイル(nd2)			
2003/03/31 15:24:39				2003/03/31 15:24:39			
workf.nd1				workf.nd2			
節点番号	温度	濃度	時間(Min)	節点番号	温度	濃度	時間(Min)
16	800	100	0	16	800	100	0
41	23	100	0	41	23	100	0
42	387	100	0	42	387	100	0

ファイル(pd1)	ファイル(pd2)				
2003/03/31 15:24:39	2003/03/31 15:24:39				
workf.pd1	workf.pd2				
節点番号(IN)	節点番号(OUT)	坑道温度	坑道濃度	時間(min)	通気質量流量
16	41	23	100	0	5
41	42	399	100	0	5
42	43	23	100	1	5

実行経過ログ

```

2003/03/31 15:24:39 気象データの取込みが開始
2003/03/31 15:24:39 気象データの取込みが正常に終了
2003/03/31 15:24:39 温太が実行開始
2003/03/31 15:24:39 温太が正常に終了
2003/03/31 15:24:39 異常検知準備処理が実行開始
2003/03/31 15:24:39 異常検知準備処理が正常に終了
2003/03/31 15:24:39 異常検知が実行開始
2003/03/31 15:24:39 異常検知が正常に終了
2003/03/31 15:24:39 火災時解析が実行開始
2003/03/31 15:24:39 火災時解析が正常に終了
                
```

実行制御

タイマのみ

デルタのみ 実行経過を表示 実行タイム 秒

両方 火災時解析を行う 風量誤差 ±

起動するアプリケーション

温太	異常検知1	異常検知2	火災時解析
D:\0-風丸\1-温太\KOnoGAT.exe	D:\0-風丸\2-異常検知\DosTL\evUnnormal.bat	Yavmck.bat	D:\0-風丸\3-火災時解析\Avwin_esc.exe

参照

使用する計測データ

気象データ(冬期)	気象データ(夏期)
D:\1-Fire\4-GetWeatherData\data\Winter.txt	Summer.txt
監視データ	
D:\1-Fire\5-Monitor\monitor.csv	
GISへ送すデータ(pkd.txt)	
D:\1-Fire\6-GiveDataToGIS\pkd.txt	Verd.txt

参照

1回のみ起動

温太実行開始 温太実行停止 **火災時解析結果印刷** 閉じる

D:\0-風丸\1-温太\KOnoGAT.exeが終了しました。 [2003/03/31] [15:25]

参照ボタンで起動する風丸の各 exe ファイルを指定

注1) 参照ボタンをクリックして、風丸の実行ファイルを選択することができる。

注2) 選択したファイルが誤っているときは、実行停止となる。

(2) 監視計測値ファイル及び結果ファイルの設定について

通気網解析

火災時解析実行結果

ファイル(nd1)

2003/03/31 15:24:39				
workf.nd1	温度	濃度	時間(Mir)	
16	800	100	0	
41	23	100	0	
42	387	100	0	

ファイル(nd2)

2003/03/31 15:24:39				
workf.nd2	温度	濃度	時間(Mir)	
16	800	100	0	
41	23	100	0	
42	387	100	0	

ファイル(pd1)

2003/03/31 15:24:39						
workf.pd1	節点番号(IN)	節点番号(OUT)	坑道温度	坑道濃度	時間(min)	通気質量流量
16	41	23	100	0	5	5
41	42	399	100	0	5	5
42	43	23	100	1	5	5

ファイル(pd2)

2003/03/31 15:24:39						
workf.pd2	節点番号(IN)	節点番号(OUT)	坑道温度	坑道濃度	時間(min)	通気質量流量
16	41	23	100	0	5	5
41	42	399	100	0	5	5
42	43	23	100	1	5	5

実行経過ログ

```

2003/03/31 15:24:39 気象データの取込みが開始
2003/03/31 15:24:39 気象データの取込みが正常に終了
2003/03/31 15:24:39 温太が実行開始
2003/03/31 15:24:39 温太が正常に終了
2003/03/31 15:24:39 異常検知準備処理が実行開始
2003/03/31 15:24:39 異常検知準備処理が正常に終了
2003/03/31 15:24:39 異常検知が実行開始
2003/03/31 15:24:39 異常検知が正常に終了
2003/03/31 15:24:39 火災時解析が実行開始
2003/03/31 15:24:39 火災時解析が正常に終了
                
```

実行制御

タイマのみ

デルタのみ 実行経過を表示 実行タイマ 12 秒

両方 火災時解析を行う 風量誤差± 1000000

起動するアプリケーション

温太 参照

異常検知1 参照

異常検知2 参照

火災時解析 参照

使用する計測データ

気象データ(冬期) (夏期) 参照

監視データ 参照

GISへ渡すデータ(pkd.txt) (erd.txt) 参照

1回のみ起動

温太実行開始 温太実行停止 閉じる

D:\0-風丸\1-温太\KOntaGAT.exeが終了しました。 2003/03/31 15:25

参照ボタンで計測値ファイル及び結果ファイルを指定

注1) 参照ボタンをクリックして、使用する気象計測値ファイル、監視計測値ファイル及び GIS へ渡すファイルを選択することができる。

注2) 選択したファイルが誤っているときは、実行停止となる。

(3) 実行制御パラメータの設定について

通気網解析

火災時解析実行結果

ファイル(nd1)				ファイル(nd2)			
2003/03/31 15:24:39				2003/03/31 15:24:39			
workf.nd1				workf.nd2			
16	800	100	0	16	800	100	0
41	23	100	0	41	23	100	0
42	387	100	0	42	387	100	0

ファイル(pd1)						
2003/03/31 15:24:39						
workf.pd1						
16	41	23	100	0	5	
41	42	399	100	0	5	
42	43	23	100	1	5	

ファイル(pd2)						
2003/03/31 15:24:39						
workf.pd2						
16	41	23	100	0	5	
41	42	399	100	0	5	
42	43	23	100	1	5	

実行経過ログ

2003/03/31 15:24:39	気象データの取込みが開始
2003/03/31 15:24:39	気象データの取込みが正常に終了
2003/03/31 15:24:39	温太が実行開始
2003/03/31 15:24:39	温太が正常に終了
2003/03/31 15:24:39	異常検知準備処理が実行開始
2003/03/31 15:24:39	異常検知準備処理が正常に終了
2003/03/31 15:24:39	異常検知が実行開始
2003/03/31 15:24:39	異常検知が正常に終了
2003/03/31 15:24:39	異常検知が正常に終了
2003/03/31 15:24:39	異常検知が正常に終了

実行制御

タイマのみ

ティルタのみ 実行経過を表示 実行タイマ 12 秒

両方 火災時解析を行う 風量誤差 ± 1000000

起動するアプリケーション

温太	D:\FC-風丸\F1-温太\KOntaGAT.exe	参照
異常検知1	D:\FC-風丸\F2-異常検知\DosTL\evUnnormal.bat	参照
異常検知2	\evmck.bat	参照
火災時解析	D:\FC-風丸\F3-火災時解析\Avwin_esc.exe	参照

使用する計測データ

気象データ(冬期)	D:\FC-Fire\F4-Ge\WeatherData\data\Winter.txt	(夏期) Summer.txt 参照
監視データ	D:\FC-Fire\F5-Monitor\monitor.csv	参照
GISへ渡すデータ(pkdt.txt)	D:\FC-Fire\F6-GiveDataToGIS\pkdt.txt	(erd.txt) erd.txt 参照

1回のみ起動 温太実行開始 温太実行停止 火災時解析結果印刷 閉じる

D:\FC-風丸\F1-温太\KOntaGAT.exeが終了しました。 [2003/03/31] [15:25]

- a. タイマのみ …………… 一定の間隔で自動実行を行う。
- b. 実行経過を表示 …… 風丸の実行画面を表示させる。
- c. 火災時解析を行う …… 風丸の温太のみを実行する。
- d. 実行タイマ …………… 実行間隔を設定する。単位は秒である。
- e. 風量誤差 …………… 風丸の温太の風量チェックをする際、使用する誤差値を設定する。
尚、誤差値の設定値の範囲は 1.0 ~ 500.0 である。

(4) 火災時解析の結果ファイルについて

火災時解析の結果ファイルの内容を表示する
(最大 1000 行まで表示)

通気網解析

火災時解析実行結果

ファイル(nd1)

2003/03/31 15:24:39				
workf.nd1	ファイル(nd2)			
workf.nd1	workf.nd2			
節点番号	温度	濃度	時間(Min)	Mir
16	800	100	0	0
41	23	100	0	0
42	387	100	0	0

ファイル(pd1)

2003/03/31 15:24:39						
workf.pd1						
workf.pd1						
節点番号(IN)	節点番号(OUT)	坑道温度	坑道濃度	時間(min)	通気質量流量	
16	41	23	100	0	5	
41	42	399	100	0	5	
42	43	23	100	1	5	

ファイル(pd2)

2003/03/31 15:24:39						
workf.pd2						
workf.pd2						
節点番号(IN)	節点番号(OUT)	坑道温度	坑道濃度	時間(min)	通気質量流量	
16	41	23	100	0	5	
41	42	399	100	0	5	
42	43	23	100	1	5	

実行経過ログ

2003/03/31 15:24:39	気象データの取込みが開始
2003/03/31 15:24:39	気象データの取込みが正常に終了
2003/03/31 15:24:39	温太が実行開始
2003/03/31 15:24:39	温太が正常に終了
2003/03/31 15:24:39	異常検知準備処理が実行開始
2003/03/31 15:24:39	異常検知準備処理が正常に終了
2003/03/31 15:24:39	異常検知が実行開始
2003/03/31 15:24:39	異常検知が正常に終了
2003/03/31 15:24:39	火災時解析が実行開始
2003/03/31 15:24:39	火災時解析が正常に終了

実行制御

タイマのみ

デルタのみ 実行経過を表示 実行タイム 秒

両方 火災時解析を行う 風量誤差 ±

起動するアプリケーション

温太	D:\0-風丸\1-温太\KOntaGAT.exe	参照
異常検知1	D:\0-風丸\2-異常検知\DosTL\evUnnormal.bat	参照
異常検知2	evmck.bat	参照
火災時解析	D:\0-風丸\3-火災時解析\Avwin_esc.exe	参照

1回のみ起動

使用する計測データ

気象データ(冬期)	D:\1-Fire\4-GetWeatherData\data\Winter.txt	参照
(夏期)	Summer.txt	参照
監視データ	D:\1-Fire\5-Monitor\monitor.csv	参照
GISへ送すデータ(pk.d.txt)	(end.txt)	参照
D:\1-Fire\6-GiveDataToGIS\pkd.txt	Verd.txt	参照

D:\0-風丸\1-温太\KOntaGAT.exeが終了しました。 [2003/03/31] | 15:25

(5) 実行経過ログの表示について

通気網解析

火災時解析実行結果

ファイル(nd1)

2003/03/31 15:24:39
workf.nd1
16 800 100 0
41 23 100 0
42 387 100 0

ファイル(nd2)

2003/03/31 15:24:39
workf.nd2
16 800 100 0
41 23 100 0
42 387 100 0

ファイル(pd1)

2003/03/31 15:24:39
workf.pd1
16 41 23 100 0 5
41 42 399 100 0 5
42 43 23 100 1 5

ファイル(pd2)

2003/03/31 15:24:39
workf.pd2
16 41 23 100 0 5
41 42 399 100 0 5
42 43 23 100 1 5

実行経過ログ

2003/03/31 15:24:39	気象データの取込みが開始
2003/03/31 15:24:39	気象データの取込みが正常に終了
2003/03/31 15:24:39	温床が実行開始
2003/03/31 15:24:39	温床が正常に終了
2003/03/31 15:24:39	異常検知準備処理が実行開始
2003/03/31 15:24:39	異常検知準備処理が正常に終了
2003/03/31 15:24:39	異常検知が実行開始
2003/03/31 15:24:39	異常検知が正常に終了
2003/03/31 15:24:39	火災時解析が実行開始
2003/03/31 15:24:39	火災時解析が正常に終了

実行制御

タイマのみ

デルタのみ 実行経過を表示 実行タイム 12 秒

両方 火災時解析を行う 風量誤差 ± 1000000

起動するアプリケーション

温床	D:\0-風丸\1-温床\KOnoGAT.exe	参照
異常検知1	D:\0-風丸\2-異常検知\DosTL\avUnnormalbet	参照
異常検知2	\avmckbet	参照
火災時解析	D:\0-風丸\3-火災時解析\Awwin_esc.exe	参照

使用する計測データ

気象データ(冬期)	D:\1-Fire\4-GetWeatherData\data\Winter.txt	参照
気象データ(夏期)	%Summer.txt	参照
監視データ	D:\1-Fire\5-Monitor\monitor.csv	参照
GISへ送すデータ(pkd.txt)	(erd.txt)	参照
	D:\1-Fire\6-GiveDataToGIS\pkd.txt	参照
	%erd.txt	参照

1回のみ起動

温床実行開始 温床実行停止 **火災時解析結果印刷** 閉じる

D:\0-風丸\1-温床\KOnoGAT.exeが終了しました。 [2003/03/31] [15:25]

(6) 自動実行の開始

通気網解析

火災時解析実行結果

ファイル(nd1)

2003/03/31 15:24:39	↑		
workf.nd1	ファイル(nd2)	2003/03/31 15:24:39	↑
16	800	100	0
41	23	100	0
42	387	100	0

ファイル(pd1)

2003/03/31 15:24:39	↑					
workf.pd1	workf.nd2	濃度	濃度	時間(Mir)	濃度	時間(Mir)
16	41	23	100	0	5	
41	42	399	100	0	5	
42	43	23	100	1	5	

ファイル(pd2)

2003/03/31 15:24:39	↑					
workf.pd2	workf.nd2	濃度	濃度	時間(min)	通気質量流量	濃度
16	41	23	100	0	5	
41	42	399	100	0	5	
42	43	23	100	1	5	

実行経過ログ

2003/03/31 15:24:39	気象データの取込みが開始
2003/03/31 15:24:39	気象データの取込みが正常に終了
2003/03/31 15:24:39	温太が実行開始
2003/03/31 15:24:39	温太が正常に終了
2003/03/31 15:24:39	異常検知準備処理が実行開始
2003/03/31 15:24:39	異常検知準備処理が正常に終了
2003/03/31 15:24:39	異常検知が実行開始
2003/03/31 15:24:39	異常検知が正常に終了
2003/03/31 15:24:39	火災時解析が実行開始
2003/03/31 15:24:39	火災時解析が正常に終了

実行制御

タイマのみ

テルケリのみ 実行経過を表示 実行タイム 12 秒

両方 火災時解析を行う 風量誤差± 1000000

起動するアプリケーション

温太	D:\0-風丸\1-温太\KOntaGAT.exe	参照
異常検知1	D:\0-風丸\2-異常検知\DosTL\evUnnormalbat	参照
異常検知2	evmck.bat	参照
火災時解析	D:\0-風丸\3-火災時解析\Avwin_esc.exe	参照

使用する計測データ

気象データ(冬期)	D:\1-Fire\4-GetWeatherData\data\Winter.txt	(夏期) %Summer.txt 参照
監視データ	D:\1-Fire\5-Monitor\monitor.csv	参照
GISへ送すデータ(pkdt.txt)	D:\1-Fire\6-GiveDataToGIS\pkdt.txt	(erd.txt) %erd.txt 参照

1回のみ起動 温太実行開始 温太実行停止 火災時解析結果印刷 閉じる

D:\0-風丸\1-温太\KOntaGAT.exeが終了しました。 | 2003/03/31 | 15:25

温度実行開始
設定している実行タイムの間隔で自動実行

火災時解析結果印刷
表示されている火災時解析実行結果を印刷の間隔で自動実行

注1) 実行タイムの設定値は温太、異常検知及び火災時解析の実行で必要な時間より長く設定する

単位は秒、最大設定値は60秒である。

注2) 印刷フォームは添付資料を参照のこと。

(7) 実行停止

通気網解析

火災時解析実行結果

ファイル(nd1)				ファイル(nd2)			
2003/03/31 15:24:39				2003/03/31 15:24:39			
workf.nd1				workf.nd2			
節点番号	温度	濃度	時間(Min)	節点番号	温度	濃度	時間(Min)
16	800	100	0	16	800	100	0
41	23	100	0	41	23	100	0
42	387	100	0	42	387	100	0

ファイル(pd1)						
2003/03/31 15:24:39						
workf.pd1						
節点番号(IN)	節点番号(OUT)	坑道温度	坑道濃度	時間(min)	通気質量	流量
16	41	23	100	0	5	5
41	42	399	100	0	5	5
42	43	23	100	1	5	5

ファイル(pd2)						
2003/03/31 15:24:39						
workf.pd2						
節点番号(IN)	節点番号(OUT)	坑道温度	坑道濃度	時間(min)	通気質量	流量
16	41	23	100	0	5	5
41	42	399	100	0	5	5
42	43	23	100	1	5	5

実行経過ログ

```

2003/03/31 15:24:39 気象データの取込みが開始
2003/03/31 15:24:39 気象データの取込みが正常に終了
2003/03/31 15:24:39 温太が実行開始
2003/03/31 15:24:39 温太が正常に終了
2003/03/31 15:24:39 異常検知準備処理が実行開始
2003/03/31 15:24:39 異常検知準備処理が正常に終了
2003/03/31 15:24:39 異常検知が実行開始
2003/03/31 15:24:39 異常検知が正常に終了
2003/03/31 15:24:39 火災時解析が実行開始
2003/03/31 15:24:39 火災時解析が正常に終了
                
```

実行制御

タイマのみ

デルタのみ 実行経過を表示 実行タイム 12 秒

両方 火災時解析を行う 風量誤差± 1000000

起動するアプリケーション

温太	D:\0-風丸\1-温太\KOntoGAT.exe	参照
異常検知1	D:\0-風丸\2-異常検知\Dos TL\avUnnormal.bat	参照
異常検知2	\avmck.bat	参照
火災時解析	D:\0-風丸\3-火災時解析\Avwin_esc.exe	参照

使用する計測データ

気象データ(冬期)	D:\1-Fire\4-GetWeatherData\data\Winter.txt	参照
(夏期)	\Summer.txt	参照
監視データ	D:\1-Fire\5-Monitor\monitor.csv	参照
GISへ送すデータ(pkd.txt)	(erd.txt)	参照
	D:\1-Fire\6-GiveDataToGIS\pkd.txt	参照

1回のみ起動

温太実行開始 温太実行停止 **火災時解析結果印刷** 閉じる

D:\0-風丸\1-温太\KOntoGAT.exeが終了しました。 [2003/03/31] [15:25]

温太実行停止
途中で実行を停止し、
設定などの変更ができる

(8) 実行終了

通気網解析

火災時解析実行結果

ファイル(nd1)				ファイル(nd2)			
2003/03/31 15:24:39				2003/03/31 15:24:39			
workf.nd1				workf.nd2			
節点番号	温度	濃度	時間(Mir)	節点番号	温度	濃度	時間(Mir)
16	800	100	0	16	800	100	0
41	23	100	0	41	23	100	0
42	387	100	0	42	387	100	0

ファイル(pd1)

2003/03/31 15:24:39						
workf.pd1						
節点番号(IN)	節点番号(OUT)	坑道温度	坑道濃度	時間(min)	通気質量流量	
16	41	23	100	0	5	
41	42	399	100	0	5	
42	43	23	100	1	5	

ファイル(pd2)

2003/03/31 15:24:39						
workf.pd2						
節点番号(IN)	節点番号(OUT)	坑道温度	坑道濃度	時間(min)	通気質量流量	
16	41	23	100	0	5	
41	42	399	100	0	5	
42	43	23	100	1	5	

実行経過ログ

2003/03/31 15:24:39	実行開始
2003/03/31 15:24:39	異常検知が実行開始
2003/03/31 15:24:39	濃度が正常に終了
2003/03/31 15:24:39	異常検知準備処理が実行開始
2003/03/31 15:24:39	異常検知準備処理が正常に終了
2003/03/31 15:24:39	異常検知が実行開始
2003/03/31 15:24:39	異常検知が正常に終了
2003/03/31 15:24:39	異常検知が実行開始
2003/03/31 15:24:39	異常検知が正常に終了
2003/03/31 15:24:39	火災時解析が実行開始
2003/03/31 15:24:39	火災時解析が正常に終了

実行制御

タイマのみ

デルタのみ 実行経過を表示 実行タイム 12 秒

両方 火災時解析を行う 風量誤差± 1000000

起動するアプリケーション

温度	D:\0-風丸\1-温度\KOntaGAT.exe	参照
異常検知1	D:\0-風丸\2-異常検知\DosTL\avUnnormalbat	参照
異常検知2	Yavmck.bat	参照
火災時解析	D:\0-風丸\3-火災時解析\Awin_esc.exe	参照

1回のみ起動

使用する計測データ

気象データ(冬期)	D:\1-Fire\4-GetWeatherData\data\Winter.txt	参照
(夏期)	%Summer.txt	参照
監視データ	D:\1-Fire\5-Monitor\monitor.csv	参照
GISへ送すデータ(pkd.txt)	(erd.txt)	参照
D:\1-Fire\6-GiveDataToGIS\pkd.txt	%erd.txt	参照

D:\0-風丸\1-温度\KOntaGAT.exeが終了しました。 2003/03/31 15:24:39

X ボタンをクリックする

閉じるボタンをクリックする

6. 火災時解析結果ファイル印刷

通気網解析

火災時解析実行結果

ファイル(nd1)				ファイル(nd2)					
ファイル名	温度	濃度	時間(Mir)	ファイル名	温度	濃度	時間(Mir)		
2003/03/31 15:24:39 workf.nd1	16	800	100	0	2003/03/31 15:24:39 workf.nd2	16	800	100	0
	41	23	100	0		41	23	100	0
	42	387	100	0		42	387	100	0

ファイル(pd1)						
ファイル名	節点番号(IN)	節点番号(OUT)	坑道温度	坑道濃度	時間(min)	通気質量流量
2003/03/31 15:24:39 workf.pd1	16	41	23	100	0	5
	41	42	399	100	0	5
	42	43	23	100	1	5

ファイル(pd2)						
ファイル名	節点番号(IN)	節点番号(OUT)	坑道温度	坑道濃度	時間(min)	通気質量流量
2003/03/31 15:24:39 workf.pd2	16	41	23	100	0	5
	41	42	399	100	0	5
	42	43	23	100	1	5

実行経過ログ

```

2003/03/31 15:24:39 気象データの取込みが開始
2003/03/31 15:24:39 気象データの取込みが正常に終了
2003/03/31 15:24:39 温太が実行開始
2003/03/31 15:24:39 温太が正常に終了
2003/03/31 15:24:39 異常検知準備処理が実行開始
2003/03/31 15:24:39 異常検知準備処理が正常に終了
2003/03/31 15:24:39 異常検知が実行開始
2003/03/31 15:24:39 異常検知が正常に終了
2003/03/31 15:24:39 火災時解析が実行開始
2003/03/31 15:24:39 火災時解析が正常に終了
                
```

実行制御

タイマのみ
 テレトリのみ 実行経過を表示 実行タイム 12 秒
 両方 火災時解析を行う 風量誤差 ± 1000000

起動するアプリケーション

温太	D:\0-風丸\1-温太\KOnGAT.exe	参照
異常検知1	D:\0-風丸\2-異常検知\DosTL\avUnnormal.bat	参照
異常検知2	\avmck.bat	参照
火災時解析	D:\0-風丸\3-火災時解析\Avwin_esc.exe	参照

1回のみ起動

使用する計測データ

気象データ(冬期)	D:\1-Fire\4-GetWeatherData\data\Winter.txt	参照
(夏期)	%Summer.txt	参照
監視データ	D:\1-Fire\5-Monitor\monitor.csv	参照
GISへ渡すデータ(pkd.txt)	(erd.txt)	参照
D:\1-Fire\6-GiveDataToGIS\pkd.txt	%erd.txt	参照

温太実行開始 温太実行停止 **火災時解析結果印刷** 閉じる

[D:\0-風丸\1-温太\KOnGAT.exeが終了しました。] [2003/03/31] [15:26]

火災時解析結果印刷
表示されている火災時
解析実行結果を印刷

- 火災時解析結果印刷ボタンで画面で表示されている4つの火災時解析実行結果のリストのデータを印刷することができる。
- 印刷は一括で nd1、nd2、pd1、pd2 の4つのデータをまとめて印刷または個々を選択して印刷できる。
- リストデータ毎で印刷は改頁する。

7) 運用にあたっての課題

① 風丸関係のソフトの配置について

風丸関係の温太、異常検知及び火災時解析の3つのフォルダの配置は必ず説明書通りでPCに入れる必要がある。

② 通気異常監視・火災時解析システムの配置について

通気異常監視・火災時解析システムの気象計測値、坑内監視計測値及びGISへ渡すファイルの3つのフォルダの配置は必ず説明書通りでPCに入れる必要がある。

③ 実行タイマの設定値について

パソコンの仕様により、風丸の実行時間は変わりますので、実行速度に適応なタイマを設定してください。単位は秒、設定できる最大値は60秒である。

④ 風量誤差の設定値について

温太の実行結果の風量を異常チェックするため、この風量誤差値を設定する。経験と現場の状況に合う適応な設定値を設定する。

5.2 避難ルート検索システムの構築

5.2.1 分析手法

情報処理・解析サブシステムにより有毒ガス濃度および通気温度のデータが得られれば、坑内火災時における最も安全な退避経路の選定が可能である。この場合の安全な退避経路とは、坑内のある地点から安全な地点まで到達する際に通過する何通りかの坑道の中で最も危険性の低い経路を意味する。危険性の評価手法を以下に示す。

(1) 火災ガスの危険度

火災ガスの危険性は Birch ら(1998)のデータを参考に有害ガス濃度、および火災ガス温度により評価する。有害ガスによる評価値は、人間が任意の坑道の通過に要する時間を求め、その時間に一酸化炭素 (CO) を吸入した場合の血液中の CO 濃度を表す次式の値が 35 になる場合を、評価値 100 になるようにする。

$$B=K_i \times CO \times t$$

ここで、B:血液中の CO 濃度(%),CO:空気中の CO 濃度(%),t:被爆時間(min), K_i 作業強度の係数。退避の場合 K_i は 8。有害ガスは CO 以外にも存在するが、取り扱いを容易にするために、これらは CO で代表させる。

火災ガス温度による危険度は、次式で示される温度に関する許容時間を評価値 100 となるように換算して用いる。

$$T_{\max}=1812_{\exp}(-0.046t)$$

ここで T_{\max} :許容時間[min], t:温度[°C]。

(2) 経路の通行難易度

避難経路の状況も避難ルート選定の際の要因となる。危険度の評価は経路中に障害となる要因があれば危険度が高くなり、障害要因が無いか、もしくはほとんど通行の妨げとならない場合危険値は低くなる。坑道の状況は各坑道で異なり、また、時系列的に変化する事が考えられるので各坑道に対する情報は常に最新のデータを入力出来るようにする必要がある。

(3) 距離

距離もまた、避難ルート選定の際の要因となる。基本的に距離は長いほど危険度は高くなる。

(4) 疲労

同じ経路を避難する場合でも、避難者の疲労によって危険度は高くなる。

距離や疲労の危険度は火災ガスによる危険度に比して非常に小さく、火災ガスの影響がある場所では無視される。

5.2.2 GISによるネットワーク検索機能

ネットワーク検索機能は「道路」「ライフライン」「河川」「パイプライン」などのネットワーク構造を持つ地理的データの解析を行う機能である。「最短経路検索」「最寄り施設検索」などのネットワーク機能をもつ。

(1) 最短経路解析

ある地点から別の地点へ到達するための、または複数の地点を巡回するための最適な経路を算出する。訪問する順番を指定して問題を解くことも、順序を含めた最適解を求めることもできる。

(2) 最寄り施設の検出

ある地点からの最寄り施設を検索し、最適な経路を表示する。例えば交通事故が発生し、救急車を出動させる場合に、どの消防署が近いか、また収容先の病院はどこが最適かを算出して最短経路の地図上への表示や、道順一覧を作成することも可能である。

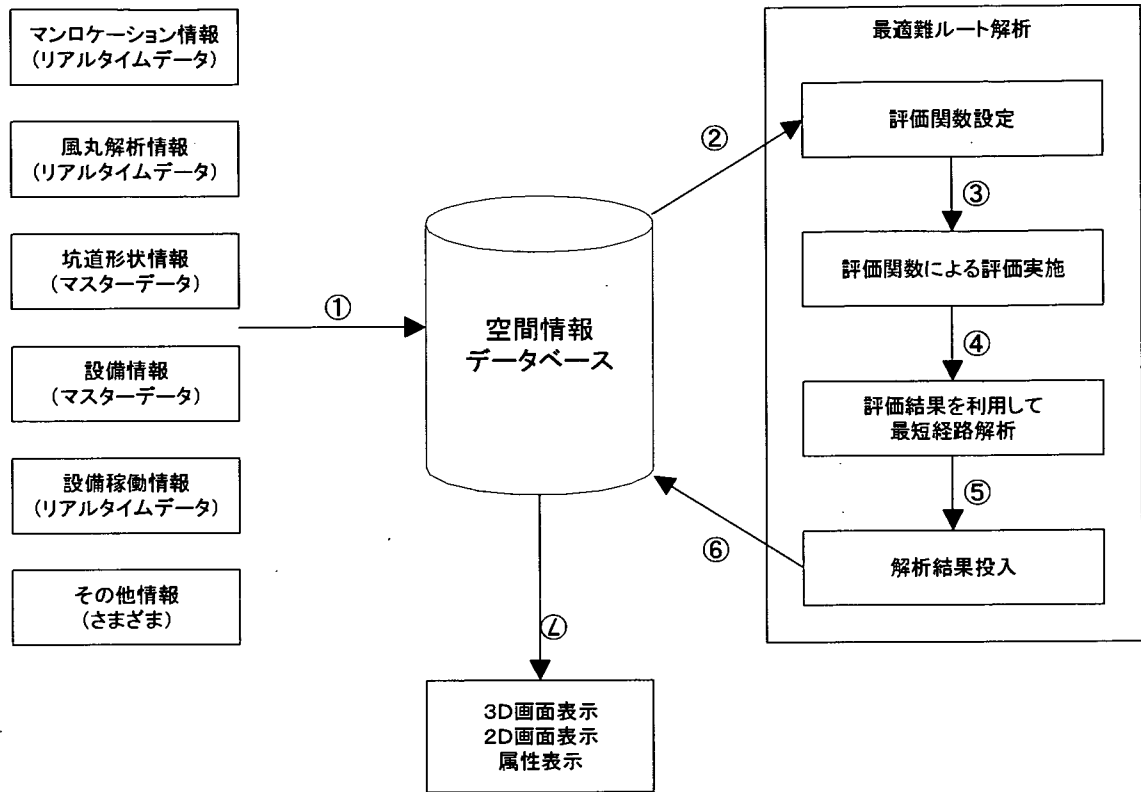


図 5-6 最適避難ルート解析概念図

5.3 表示機能およびグラフィカルユーザーインターフェースの構築

本システムのグラフィカルユーザーインターフェースは初めて GIS を操作するユーザーでも、容易に操作できことを考慮し、より設計の自由度が高い Visual Basic を用いて構築を行った。表示は ArcGIS の基本的機能を利用し 2D および 3D 表示が出来るように設計をおこなった。

① システムメイン画面（通常時）（図 5-7）

通常は坑内および地表のデータ、解析によって得られるデータならびにそれらの差分データを表示する。また、マンロケーションも表示させる。各データは空間的な表示だけでなく、その属性値も同時に表示することが出来る。また、ユーザーが更に詳細なデータを取得したい場合も容易に問い合わせおよび表示が出来るよう設計を行った。

② 3D 地表表示画面(図 5-8)

3D で地形および地上施設ならびに坑内を表示することが出来る。施設全体を任意の方向からよりリアルに表現できるので、施設の把握をしやすい。来場者に対する施設説明などに利用できる。

③ 2D 詳細画面（図 5-9）

2D の詳細画面では、メイン画面では表示しきれない詳細なデータを表示することが出来る。また、各センサなどのトレンドグラフを表示することが出来るので、データの解析なども容易に行うことが出来る。

④ 3D 詳細画面（図 5-10）

3D の詳細画面は 2D では重なってしまい表示できない坑道の状況などを、実際の状況に合わせた形で表示出来る。また、鳥瞰図的な表示を行うことが出来るので、ユーザーが見たい方向から見たい箇所を表示させることが出来る。

⑤ メイン画面（異常時）（図 5-11）

システムが異常検知したときの初期画面である。ユーザーに異常を知らせると共に異常箇所の特定および表示を行う。

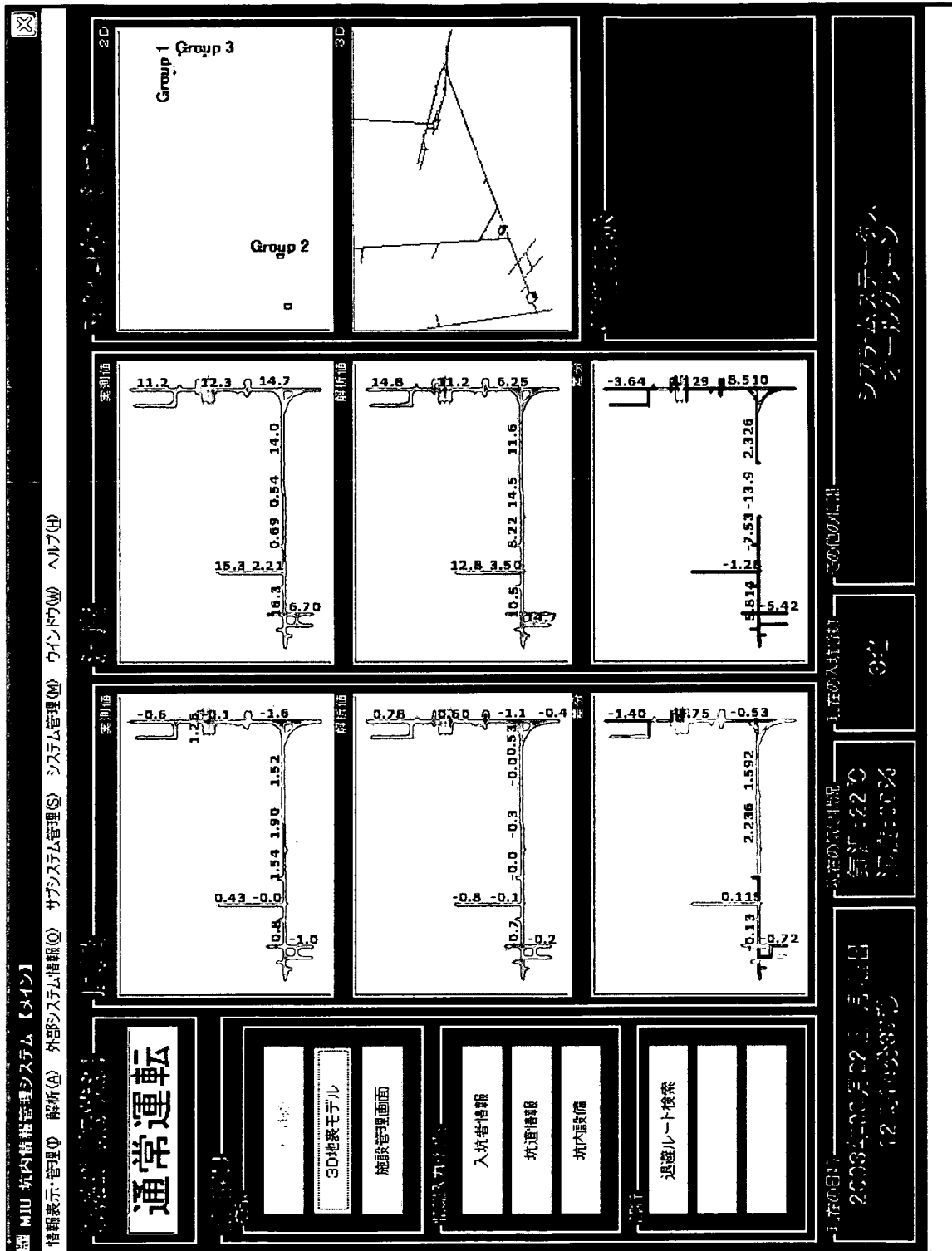


図 5-7 システムメイン画面

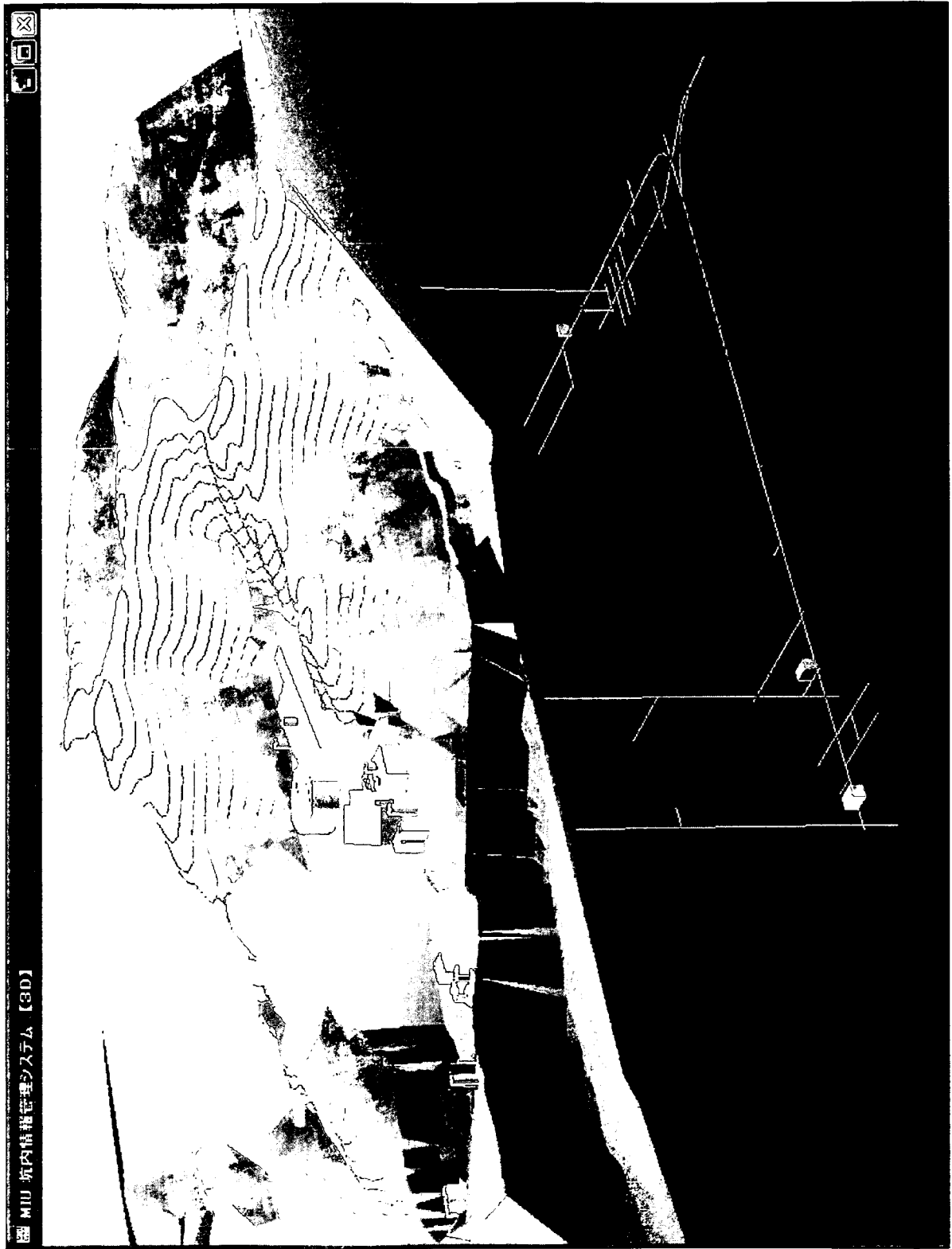


图 5-8 3D 地表表示画面

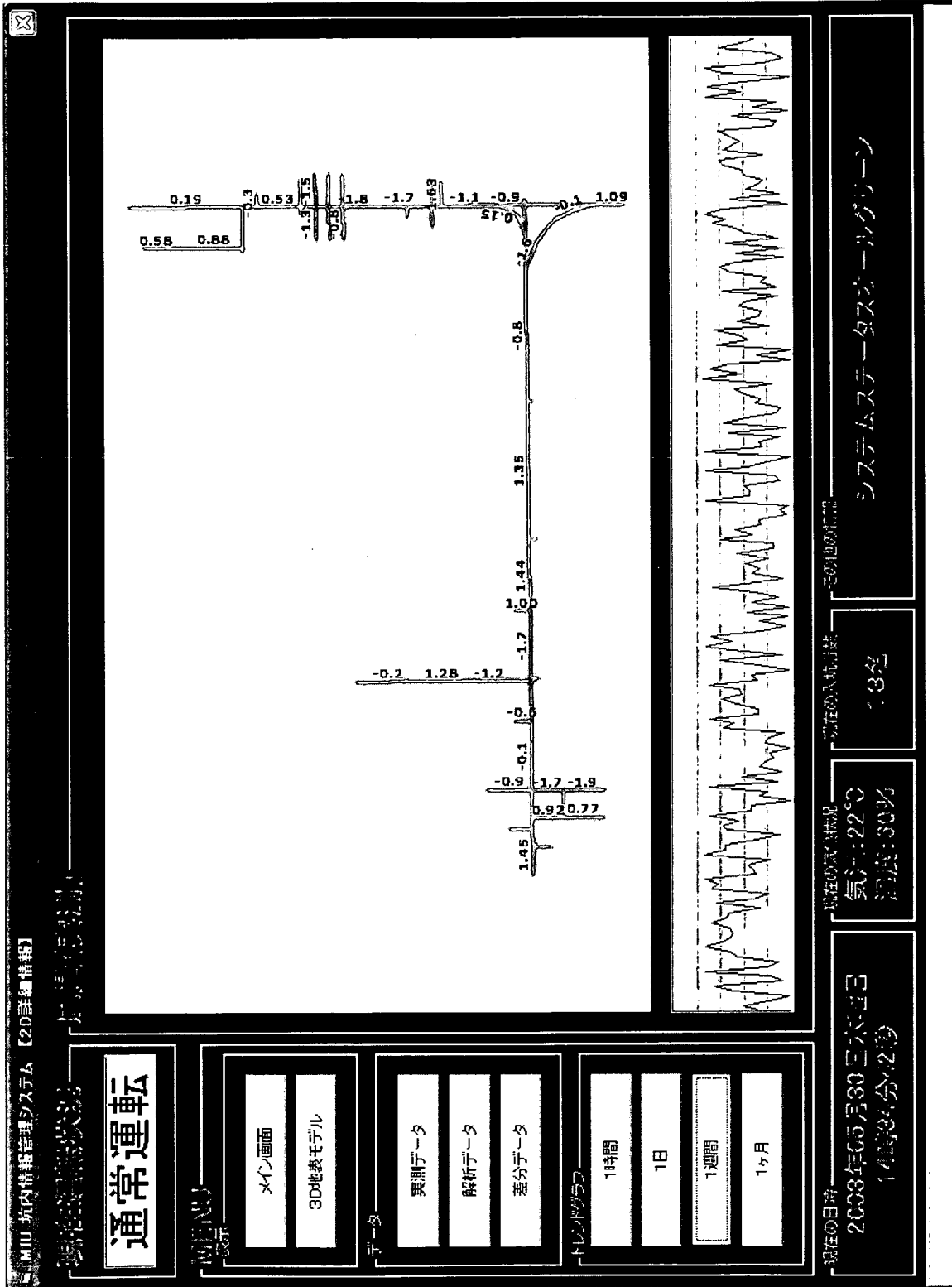


図 5-9 2D 詳細表示 (風量)

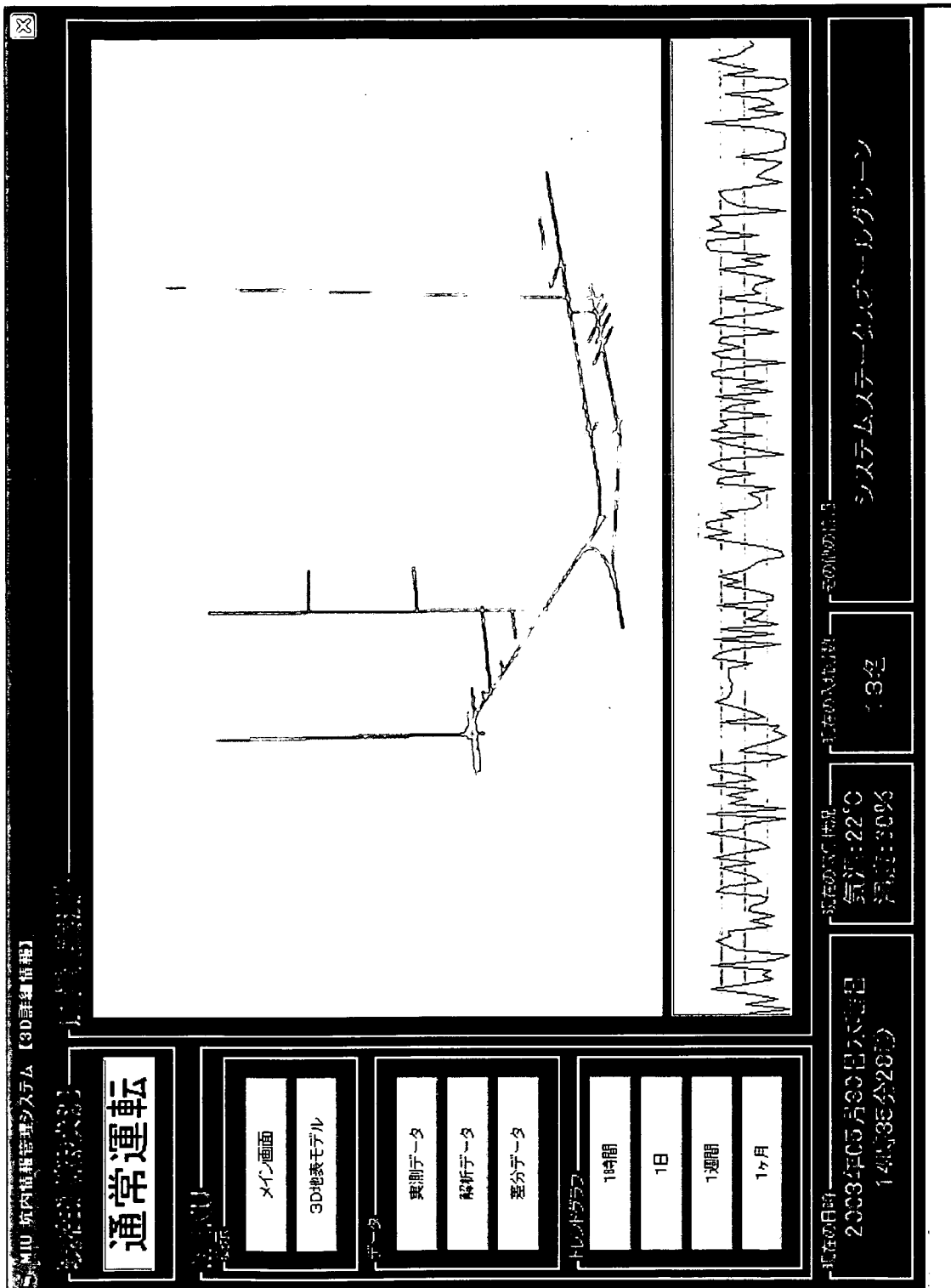


図 5-10 3D詳細表示 (風量)

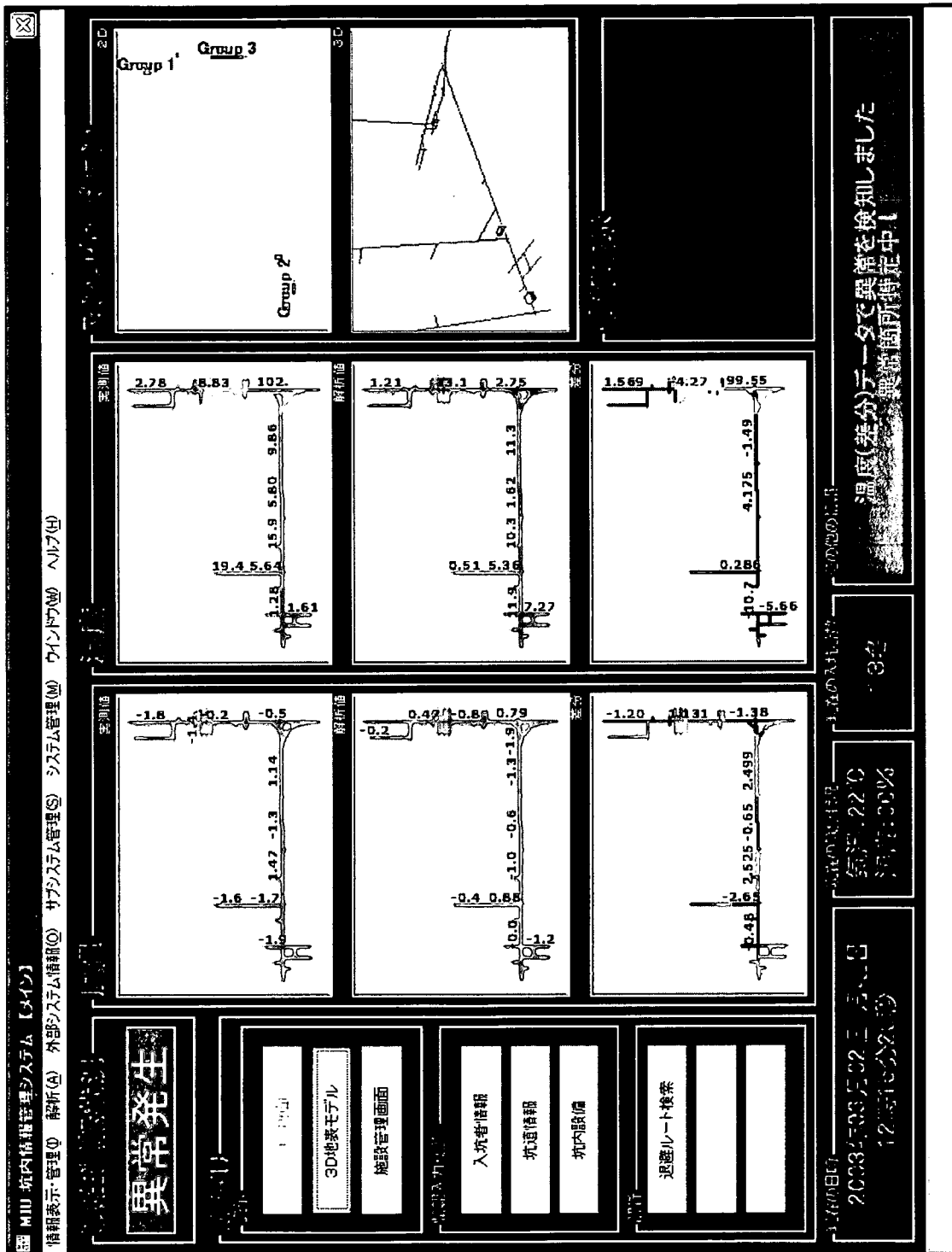


図 5-11 システムメイン画面 (異常時)

6. まとめ

超深地層研究所は、核燃料サイクル開発機構(以下、「サイクル機構」とする)が東濃鉱山とその周辺で行っている地層科学研究を一層拡充するために、サイクル機構が瑞浪市より貸与された用地の山野内・戸狩地区に建設を計画しているもので、地上施設と地下数 100 m から 1,000 m に至る地下施設とから構成される。

超深度の地下の研究施設建設に当たっては、通常の地上施設と異なり様々な特殊条件があるため、公開施設であることを踏まえて坑内環境と防災を十分に考慮した設計を行う必要がある。特に地上との出入り口が限られた条件下での通気システムや防災システムは、施設の根幹を為すものと考えられる。また研究坑道の掘削工事においては、坑内管理システムとして、それぞれが独立した①入出坑管理システム、②火災管理システム、③環境管理システム、④通信管理システム、の 4 つのシステムを構築する計画である。

本契約業務では、これらのシステムを連鎖させ、坑道から取得されたデータ、情報を運用することによって、超深地層研究所研究坑道の通気・防災システムが効果的に機能するための坑内情報管理システムを構築した。まず坑内情報の管理システムについて概要を調査し、地下施設の情報監視、制御からなる情報管理システムの具備すべき機能について検討を行った。次に石炭鉱山とトンネル等の土木地下施設について事例調査を行い、瑞浪超深地層研究所の情報管理システムの基本計画を策定した。この結果、策定した基本計画に基づき、坑内異常判断システムを構築し、基本プログラムの開発を行った。さらに GIS による情報統合化、最適避難ルート検索システム、情報表示システム等の構築を行い、一部表示システムの開発を行った。

第 1 章においては、本契約業務の概要を纏めている。

第 2 章においては、一般論としての地下施設の情報管理に関する開発経緯、情報管理機能について概要を纏めると共に、情報処理システムの機能による分類を行い、地下施設に具備すべき機能として監視機能、異常判断機能、通気性御意機能、避難指示機能、消火指示機能を上げている。

第 3 章では、地下施設の情報管理システムの事例調査として、維持坑道長および測定点数で最大であった三池炭鉱の例を全体的な情報処理の事例として、ガス、自然発火等の炭鉱特有な事象に対する個別の対応事例をして赤平炭鉱を、また計測・制御システム・マッピングシステム・エキスパートシステムをリンクさせた事例として太平洋炭鉱の例を示した。次に地下研究施設の例として圧縮空気貯蔵ガスタービン発電の実証試験施設や無重力実験施設を併設した旧砂川炭鉱の監視システムを、さらに公共施設

として運用されている青函トンネルの事例を示した。

第4章においては第2章から第3章の検討・調査結果をもとにし、瑞浪超深地層研究所を対象とした坑内情報管理システム基本計画として、具備すべき機能とそのために必要な情報を分類・整理し、システムの基本構成についてその内容を検討した。この中でシステムの基本構成は、ツールとして地理情報システム(Geographical Information System - GIS)をコアに持ち、サブシステムとして情報監視システム、情報処理・解析システム、避難シミュレーションシステム、表示システム、制御・指示システムから構成する計画としている。

第5章では具体的なシステムの構築として、坑内情報管理システムの基本骨格をなす坑内異常判断システムについて、その理論構成、システム構成を示し、開発したプログラムの内容を説明している。次にGISの分析機能を使用した避難ルート検索システムについて、その分析手法と機能についてまとめた。最後に情報表示システムについて、一例として今回開発した表示システムの例を示した。

第6章でこれらの内容を総括した。

-
- 1) (財)石炭技術研究所・(社)資源・素材学会：炭鉱保安技術要覧 第8編 坑内監視システム, 1992
 - 2) 日建設計(株)：瑞浪超深地層研究所 安全対策に関する設計説明書, 2003
 - 3) 木村善陽・井上雅弘：超音波型風速計のリアルタイム通気網解析への適用, 救命器技術研究会誌, 平成5年度総会および研究発表会記録, p21-24
 - 4) 井上雅弘：風量データによる通気抵抗以上風道の検出, 資源と素材, Vol. 8, p661-666, 1994