

特 集 論 文

高速道路向け 広域施設監視制御システムの開発

Development of wide area institution monitor control system

北 浦 真 幸* 角 田 広 樹*
M. Kitaura H. Sumida

はじめに

高速道路の新規建設路線は引き続き減少傾向にあるが、道路施設管理向け監視制御システムの更新需要としては案件が増加しつつある。監視制御システムに対する要求は、IPネットワークの整備が進んだことを背景にして、IPネットワーク技術を利用したシステムの統合化を目指す段階になっており、それに伴ってシステム規模も数万点クラスの大型化が進んでいる。

また、維持管理業務の合理化や効率化を実現するために、複数の監視拠点を有機的に合した統合的な運用が求められている。このような顧客ニーズを満足するシステムとして、高速道路向け広域施設監視制御システムの開発を実施したので報告する。

Introduction

There was the new construction route of the highway in a tendency to decrease sequentially, but update items for highway monitoring system are increasing. A demand for the monitor control system is to aim at the integration of the system which used IP network technology backed by the maintenance of the IP network having advanced. And, upsizing of the class advances to tens of thousands of points system scales.

The use that connected plural monitor footholds organically is demanded to realize the rationalization of maintenance duties and effective use. We developed a wide area institution monitor control system for highways to satisfy such customer needs.

1. システム開発の概要

1.1 システムの特徴

今回開発したシステムの主な特徴は以下の通りである。

システム統合化の実現

IPネットワークで接続された拠点間の監視制御の有効化/無効化を管理することで、統合的な監視、相互バックアップ運用を可能にする。本要求を実現するための機能として制御権管理、監視条件設

定、自動制御三重化、XMLデータ伝送の各機能について6.1節で説明する。

マンマシン（グラフィック表示）機能強化

ユーザーにとって注目すべき情報を即時に把握できるように、マンマシン（グラフィック）機能の強化を図っている。レイヤー切替表示、ガイダンス表示、マルチウィンドウ表示の各機能について6.2節で説明する。

*環境事業本部

1.2 ソフトウェア構成

今回開発したシステムのソフトウェア構成を概念的な階層図で示すと図1ソフトウェア階層のようになる。

各種アプリケーションソフトウェアの開発効率の向上、及び保守性の向上を目的とし、以下に示すような3階層の構造となる。

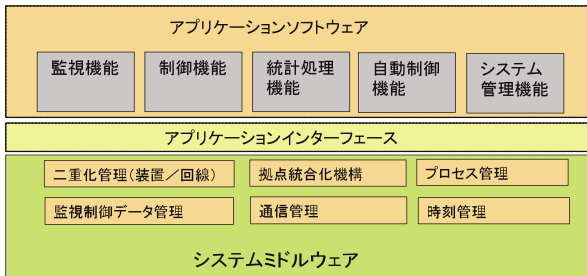


図1 ソフトウェア階層図

アプリケーションソフトウェア：

高速道路向け広域施設監視制御システムが必要とする監視、制御、統計処理などのアプリケーション機能である。用途に応じて今後も追加開発を行っていく。

アプリケーションインターフェース：

システムミドルウェアが提供するサービスをアプリケーションソフトウェアが享受するために使用する

インターフェースである。アプリケーションソフトウェアは本インターフェースを使用することにより、システムミドルウェアが担当する煩わしい手続きを意識することなく構築することが可能になり、開発効率/保守性を高めることができる。

システムミドルウェア：

二重化管理や拠点統合化機構、データ管理など広域施設監視制御システムとして標準的に具備しておくべき内部機能処理を行うソフトウェアである。

2. システム構成

システム構成イメージを図2-1に示す。

概要説明

- ・監視員は中央拠点1及び中央拠点2に常駐（24時間監視）し、道路施設管理を行う。サブ拠点1/2は通常無人であり、それぞれ中央拠点1/2にて統合監視している。
- ・緊急時はサブ拠点に設置しているバックアップ端末を用いて監視制御を行うことができる。
- ・中央拠点間も相互バックアップ運用を行う。いずれかの拠点の中央監視端末、監視制御サーバに障害が発生して監視制御を継続できなくなったときは、速やかに他方の中央拠点にてバックアップ監視/制御が行えるようになる。

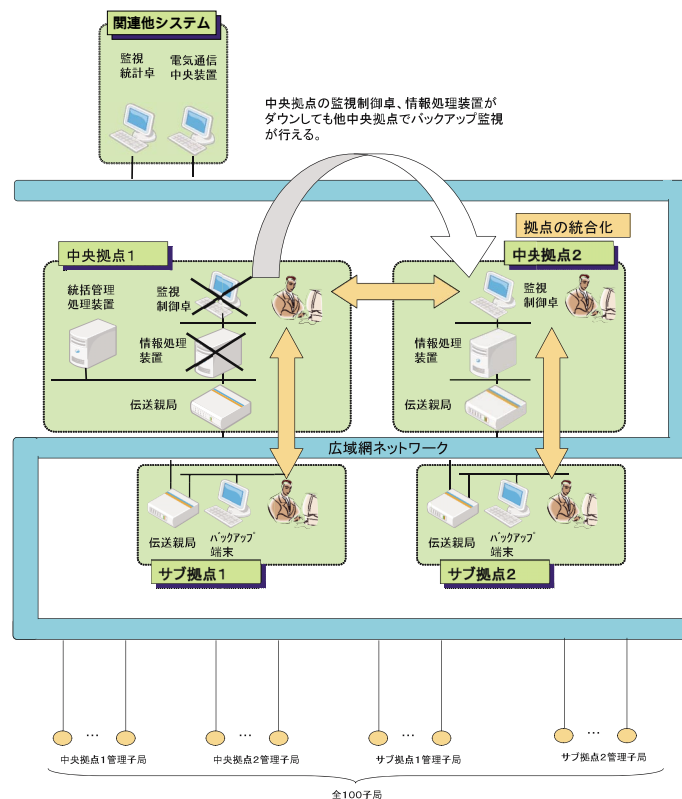


図2-1 システム構成図(イメージ図)

- ・統括管理処理装置はWEBサーバを搭載し、WEB監視クライアントから設備監視を行うことができる。
- ・さらに統括管理処理装置は監視情報（故障／状態／計測データ）をXML形式データに加工し、関連する他システムにデータ送信を行う役割も担う。

詳細なシステム構成図を図2-2に示す。また、装置毎の機能分担を図2-3に示す。これを見ても判るように各拠点に装置を配置して、機能を分散配置させることにより負荷分散と冗長化によるシステムの信頼性を向上させていることがよくわかる。

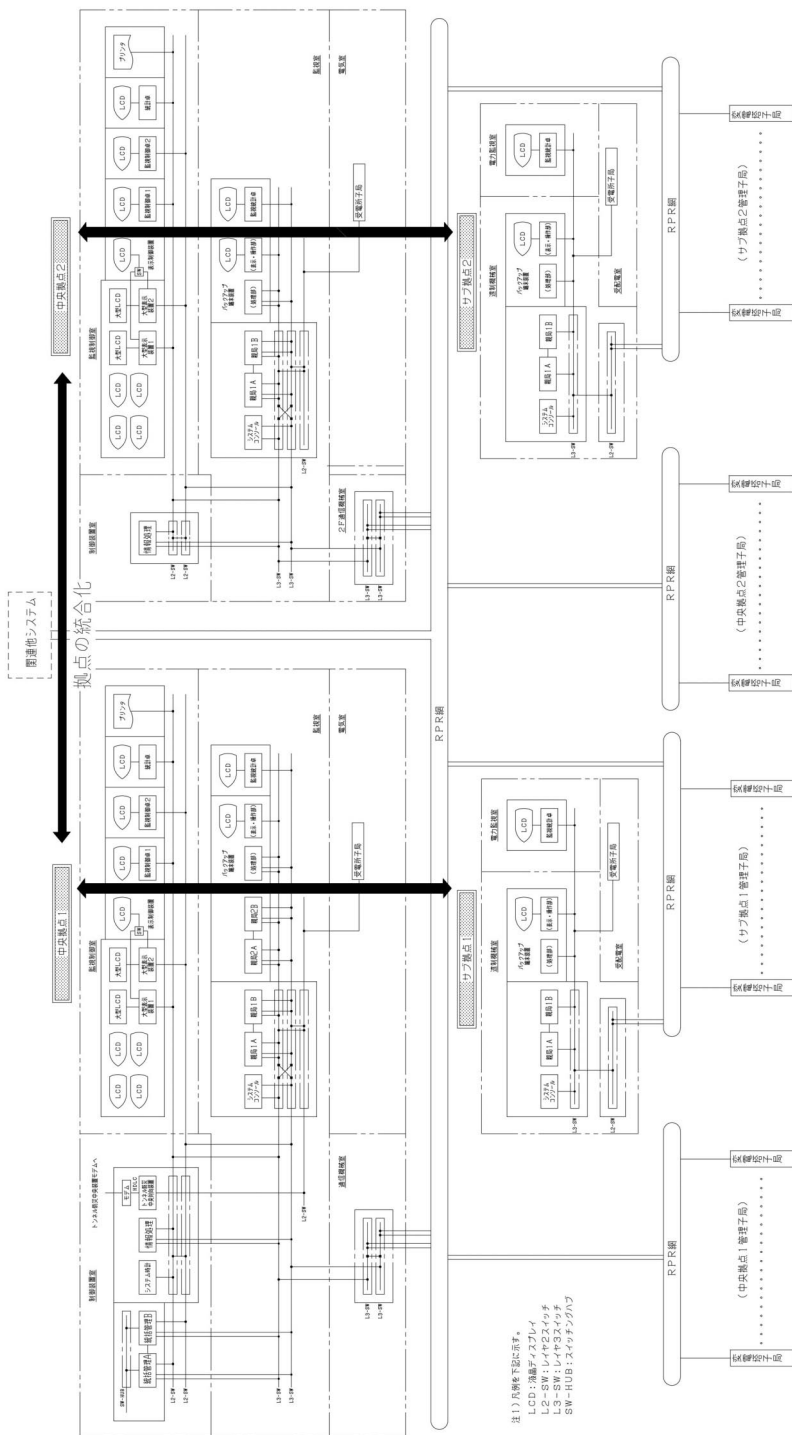


図2-2 システム構成詳細図

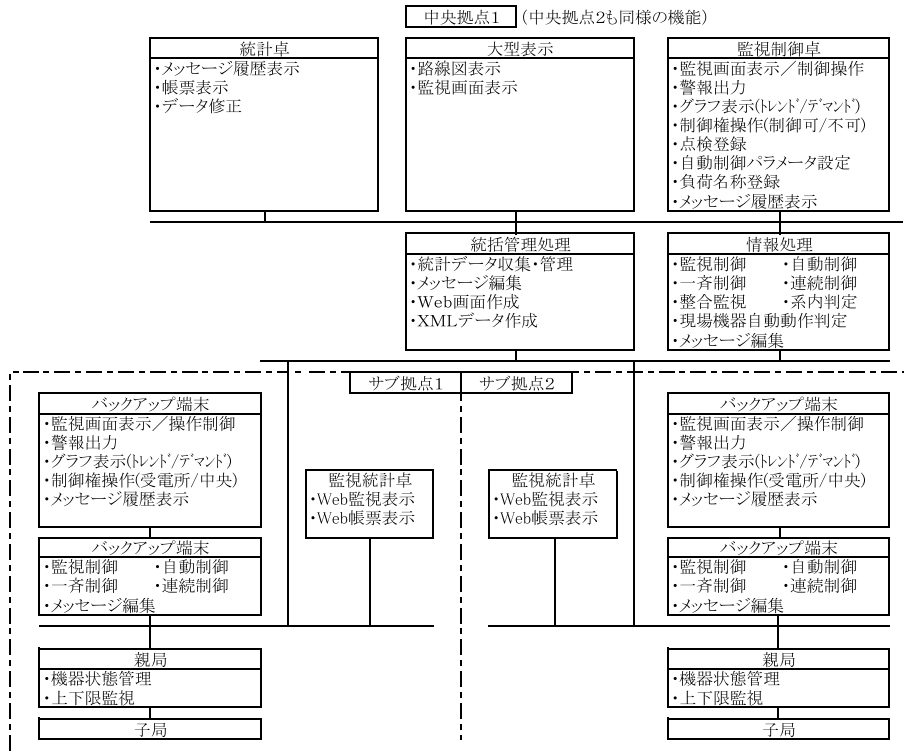


図 2 - 3 装置毎の機能分担図

3 . ハードウェア仕様

3 . 1 装置のスペック

今回のシステム装置スペックは下記の通りである。

表 1 - 1 ハードウェア仕様

装置名	ハードウェア仕様
<ul style="list-style-type: none"> 監視制御卓 統計卓 バックアップ端末 (表示・操作部) 監視統計卓 	CPU : PentiumM 1.6GHz相当以上 メモリ : 2GB以上 HDD : 40GB以上 ディスプレイ : 19インチカラー液晶 解像度 : 1280 × 1024ドット 外部保存装置 : DVD-RAM OS : WindowsXP
<ul style="list-style-type: none"> 情報処理装置 伝送親局 バックアップ端末 (処理部) 統括管理処理装置 	CPU : PentiumM 1.6GHz相当以上 メモリ : 2GB以上 HDD : 40GB × 2 (RAID1) 以上 OS:Linux RedHat Enterprise Linux 4
<ul style="list-style-type: none"> 統括管理処理装置 	CPU : PentiumM 1.6GHz相当以上 メモリ : 4GB以上 HDD : 80GB × 2 (RAID1) 以上 外部保存装置 : DVD-RAM、NAS OS:Linux RedHat Enterprise Linux 4

3 . 2 各装置の最大台数

各装置に接続される最大接続数を下記に示す。

表 1 - 2 接続台数

装置名	装置最大数
監視制御卓	1中央拠点あたり最大8台
統計卓	1中央拠点あたり1台
バックアップ端末 (表示・操作部)	1サブ拠点あたり1台
情報処理装置	1中央拠点あたり1台
伝送親局	二重化 × 最大16セット
バックアップ端末 (処理部)	1サブ拠点あたり1台
統括管理処理装置	二重化 × 1セット
子局	1セットの伝送親局に最大32局接続可能

4 . ソフトウェアスペック

今回開発したシステムの最大管理点数及び管理登録数を下記表に示す。

表 2 - 1 最大管理点数

No.	監視制御項目	最大管理点数
1	接点入力機器管理点数	32768点
2	制御出力機器管理点数	8192点
3	アナログ入力機器管理点数	8192点
4	アナログ出力機器管理点数	4096点
5	パルス機器管理点数	2048点
合計		55296点

表 2 - 2 管理登録数

No.	機能毎の管理項目	最大登録可能数
1	監視画面枚数	20000枚
2	1監視画面あたりのシンボル数	1000シンボル
3	1伝送親局あたりの項目間演算機器数	2048機器
4	故障統計出力機器数	16384機器
5	電力統計出力機器数	16384機器

5. ソフトウェア仕様

5.1 監視機構

道路、受変電設備等の監視を行い、マンマシンに通知する機能であり、以下のような機能で構成される。

表3-1 監視機構

No.	機能名称	機能内容
1	監視画面表示	設備状態の画面表示を行う。状態表示、計測値表示、上下限監視表示、ガイダンス表示等の表示を行う。レイヤー表示により注目すべきシンボルが強調表示される。
2	警報出力	故障発生時に重要度に応じてベル/ブザー/チャイム出力を行う。
3	マンマシン操作	オペレータが監視操作を行うために使用するマンマシン機能群である。メッセージ表示、シングル/マルチ画面表示、画面呼び出し、故障更新、警報停止、メモリ画面登録等の機能で構成される。
4	残留故障/モード一覧表示	現在発生中の故障/モード項目と処置状況の入力、表示を行う。
5	リアルタイムトレンド	アナログ項目の1分周期過去48時間分のトレンド表示を行う。
6	デマンドグラフ表示	デマンドデータをグラフ形式で表示する。
7	整合性監視機能	あらかじめ定義されたあるべき状態に合致しているかどうかを判定する機能である。
8	系内判定機能	複数故障発生時に、各故障項目が主要因か影響障害であるかを判定する機能である。
9	WEB監視機能	WEB監視クライアントから監視画面表示を行えるようにする機能である。
10	XMLデータ伝送機能	故障/状態/計測データをXML形式に編集し、電気通信中央端末に送信する。 (XMLデータサンプル) <NameL1>電力系</NameL1> <NameL2>受配電設備</NameL2> <NameL3>受電所装置</NameL3> <NameL3> 受電所</NameL3> <NameL4> 1号受電盤</NameL4> <NameL5>真空遮断器</NameL5> <areaName> 地区</areaName> <routeName> 1号環状線</routeName> <managerCode>10</managerCode> <manager> 管理部</manager> <Name>受電VCB TC断線</Name> <importanceCode>03</importanceCode> <importance>重</importance>

5.2 制御機構

表3-2 制御機構

No.	機能名称	機能内容
1	個別制御	監視画面からの操作により、現場設備に制御出力を行う。
2	一斉制御	監視画面からの操作により、現場設備に一斉制御出力を行う。複数機器に対して一斉に制御出力が行われる。
3	連続制御	監視画面からの操作により、現場設備に連続制御出力を行う。複数機器に対して連続的に制御出力が行われる。制御間隔を指定することもできる。

5.3 統計処理機構

表3-3 統計処理機構

No.	機能名称	機能内容
1	ヒストリカルトレンド	アナログ項目の1分周期過去15年分のトレンド表示
2	メッセージ履歴表示	メッセージ履歴検索を行う機能である。過去15年分のメッセージ履歴検索を行うことができる。
3	電力統計	電力統計(日報/月報/年報)の表示/印刷を行う機能である。15年分の表示/印刷を行うことができる。
4	故障統計	故障発生回数/発生時間を記録した故障統計の表示/印刷を行う機能である。15年分の表示/印刷を行うことができる。
5	統計データ修正	電力統計、故障統計データの修正を行う。

5.4 自動制御機構

表3-4 自動制御機構

No.	機能名称	機能内容
1	道路照明制御	変電塔毎に、設定した照明制御パターンに従って点灯/消灯制御出力を行う。
2	配電線切替制御	二回線送電を行っている配電線に事故があったときにこれを検出して、他方へ切替を行うための遮断機投入や負荷投入制御を行う。
3	デマンド監視制御	デマンドデータを入力してグラフ表示を行うとともに、負荷超過時に負荷遮断制御を行う。
4	自家発負荷切替制御	自家発切替時に自家発の余裕電力を監視しながら負荷投入制御を行う。
5	復電復旧制御	買電切替時に停電前の負荷状態になるように負荷投入制御を行う。
6	トンネル火災照明制御	トンネル火災発生時にトンネル内照明制御を行う。

5.5 システム管理機構

システムの信頼性向上、運用における使用性向上を目的とした機能群である。以下のような機能から構成される。

表3-5 システム管理機構

No.	機能名称	機能内容
1	二重化管理	統括管理処理装置、伝送親局を二重化し切替制御、データ同期処理を行う。
2	相互バックアップ運用管理	中央拠点間で互いに監視を行い、一方の装置（中央操作端末、監視サーバ）異常時に他方で監視が行えるように切り替える。自動制御についても動作させる装置を自動的に切り替えることによりシステムの可用性を保つ。
3	データ整合機能	装置間で一致させる必要のあるデータを整合させる。
4	データバックアップ	システムが蓄積したデータを外部メディアにバックアップする。
5	制御権管理	拠点ごとに制御可能/不可能を管理することで、維持管理及び誤制御を防ぐ機能である。
6	監視条件設定	拠点ごとに監視条件（飛び出しや警報鳴動の実施可否）を設定し、情報洪水を防ぐ機能である。
7	点検登録	点検中の機器に対して点検中フラグを付与することにより、監視制御条件を変化させる。
8	負荷名称変更機能	設備負荷の名称をオンラインで変更できるようにする機能である。同時にメッセージ印字及び中央送りのXML電文にも連動させるものである。

6. 特徴的な開発機能

6.1 相互バックアップ機能

6.1.1 概要

拠点間の監視制御、及び自動制御の有効化/無効化を管理することで監視制御運用の相互バックアップを行うための機能である。制御権管理/監視条件設定/自動制御三重化/XMLデータ伝送の各機能で構成される。

6.1.2 制御権管理

制御を行う拠点を一元化するための機能である。

図3-1に制御可能条件をフロー図で示す。拠点には中央拠点とサブ拠点が存在するが、中央/サブのうち、制御権のある拠点のみが制御を行えるように制御ロックを行う。

また、中央拠点の監視制御卓毎にも制御権管理を行うことにより制御を行える端末を必要最小限に抑え、誤制御を行わないようにしている。

監視制御卓、バックアップ端末で表示される制御権モード設定画面の例を図3-2に示す。操作場所の変更はサブ拠点のバックアップ端末でのみ行うことができ、制御実行可否の変更は中央拠点の監視制御卓にて行える。

制御権の変更は拠点（図3-2の例では中央拠点1/中央拠点2/サブ拠点1/サブ拠点2）毎に行えるので、きめ細やかな制御権の管理を行うことができる。

6.1.3 監視条件設定

状態発生時に故障飛び出しや警報出力等を行うかどうかを設定する機能である。拠点間の統合化により、他の拠点の監視を行うことができるようになるが、通常時に他拠点の監視を有効にしていると、画面飛び出しや警報鳴動が頻発し、情報洪水を引き起こして、肝心の自拠点の監視業務に影響を与える危険性がある。このため、拠点ごとに監視条件設定（故障飛び出しや警報出力を行うかどうかの設定）を行えるようにすることで、情報洪水を防ぐ。

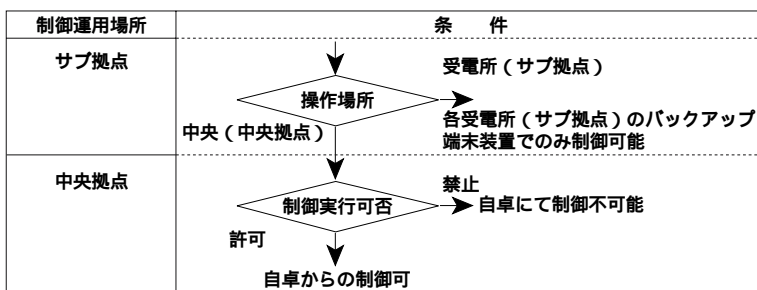


図3-1 制御可能条件

	操作場所		制御実行可否	
	中央	サブ	許可	禁止
中央拠点1	中央	サブ	許可	禁止
中央拠点2	中央	サブ	許可	禁止
サブ拠点1	中央	サブ	許可	禁止
サブ拠点2	中央	サブ	許可	禁止

閉じる

図3-2 制御権設定画面



図3 - 3 監視条件設定

図3 - 3は監視条件設定画面である。各監視条件を許可/禁止設定することができ、許可設定したときのみ出力が行われる。

ただし、他拠点の監視制御卓がダウンして監視不能状態に陥ったときは強制的に監視条件を「許可」に変更することで他拠点の監視を行えるようにする。

6.1.4 自動制御の三重化

高速道路向け広域施設監視制御システムで動作する自動制御機能には以下のようなものがある。

- ・道路照明自動点灯/消灯制御
- ・配電線切替制御
- ・自家発切替時制御
- ・停電復旧時制御
- ・トンネル火災時照明点灯制御

これらの自動制御機能は通常時は中央拠点の情報処理装置で動作しているが、情報処理装置がダウンしたときは他拠点の情報処理装置がこれを引き継ぐ。他拠点の情報処理装置もダウンしたときはサブ拠点のバックアップ端末(処理部)が引き継いで自動制御を行う。このような三重化処理により信頼性を高めている。

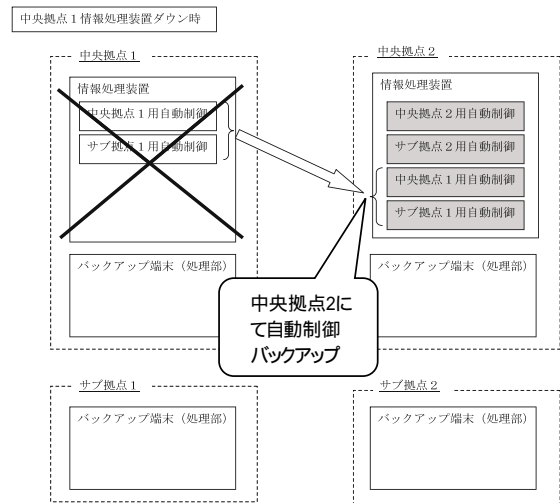


図3 - 5 自動制御動作装置(中央拠点1ダウン時)

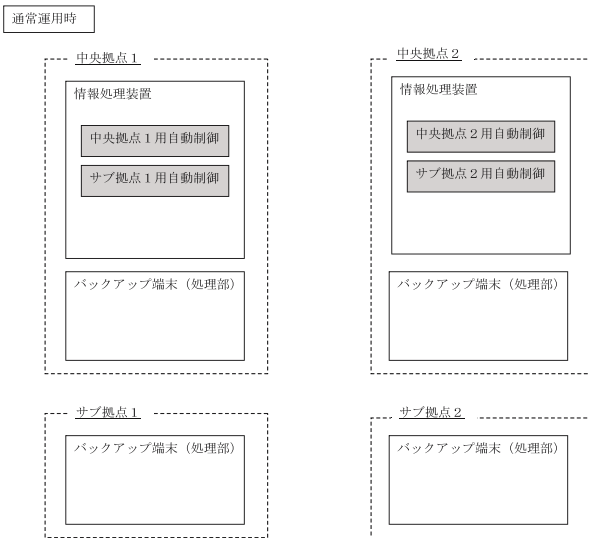


図3 - 4 自動制御動作装置(通常運用時)

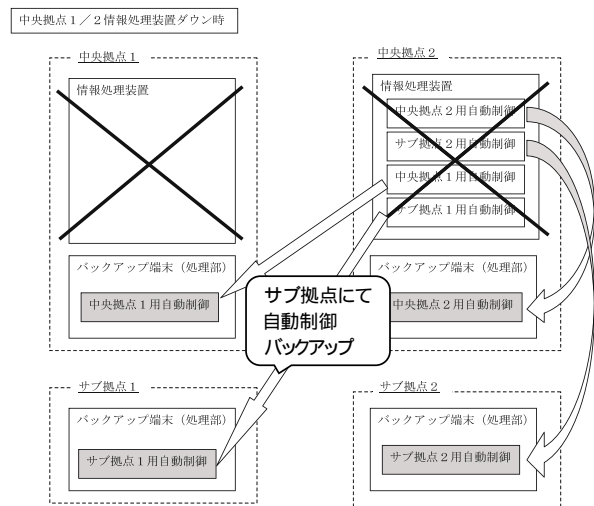


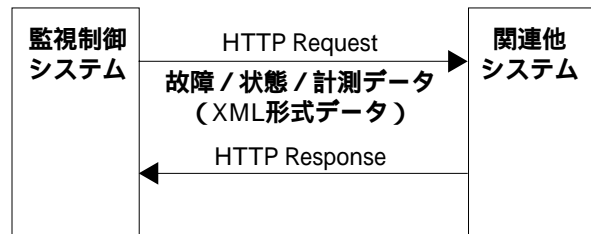
図3 - 6 自動制御動作装置(中央拠点1/2ダウン時)

6.1.5 XMLデータ伝送

関連する他システムに対して、監視制御システムが収集した故障/状態/計測データをXML形式で送信する。通信プロトコルにHTTPを、データフォーマットにXMLを採用している。オープンなI/Fを使用することで接続性を高めている。また送信データは機器番号などシステム独自のIDを用いず、文字データそのものを送信することで、監視制御システム側の機器の追加があっても関連他システム側は改造が不要となるメリットもある。

【XMLデータ例】

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<monitoring>
<faultFrame>
<faultData>
<properID>10101101100010005A</properID>
<type>changed</type>
<systemID>11</systemID>
<address>1</address>
<word>1</word>
<bit>15</bit>
<systemKindCode>01</systemKindCode>
<KindNameL1>電力系</KindNameL1>
<KindNameL2>受配電設備</KindNameL2>
<KindNameL3>受電所装置</KindNameL3>
<NameL3> 受電所</NameL3>
<NameL4> 1号受電盤</NameL4>
<NameL5>真空遮断器</NameL5>
```



6.2 マンマシン(グラフィック表示)機能強化

「知りたい情報」が「すぐに」把握できるマンマシンシステムを実現するため、いくつかのマンマシン機能強化を図っている。ここではその中からレイヤー切替表示、ガイダンス表示、マルチウィンドウ表示の各機能について説明する。

6.2.1 レイヤー切替表示

従来、監視画面上の各シンボルの表示レイヤーは固定されており、その状態によって変更されることは無かった。よってシンボルが重なっている場合、下のレイヤーにあるシンボルは上のレイヤーにあるシンボルに隠れてしまい、前面表示させることはできなかった。レイヤー切替表示とは、状況に応じてシンボル表示のレイヤーを動的に変更して、注目すべきシンボルを前面に表示させるものである。レイヤーの数は最大16個定義できる。

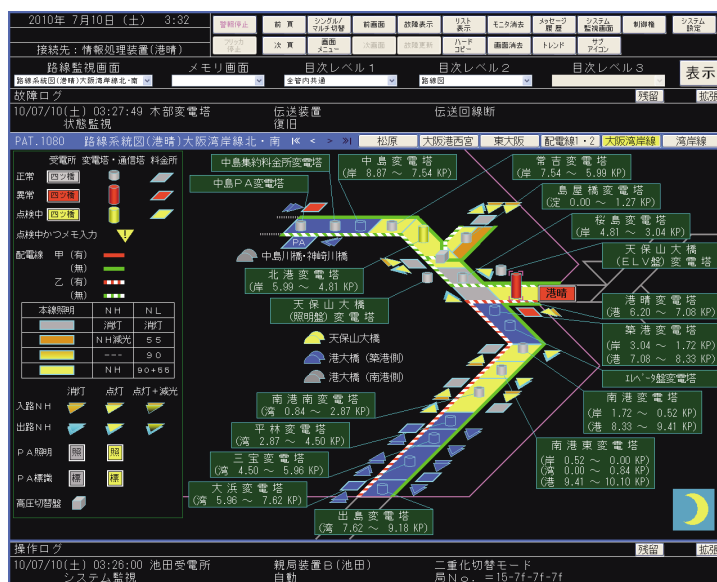


図3-7 監視画面表示(路線図)

図3-8にて、レイヤーの順位は故障レイヤー>点検レイヤー>通常レイヤーと定義されている。点検レイヤーより通常レイヤーの方が順位が下であるため、通常は上位のレイヤー(点検レイヤー)にあるのシンボルが下位のレイヤー(通常レイヤー)にあるシンボルよりも前面表示される。

点検中の機器は点検中でない機器よりも注目される必要があるため、通常はこのような表示になる。

しかし、シンボルの機器に故障が発生した場合はシンボルのレイヤーが動的に変化し、故障レイヤーに移行する。これにより点検レイヤーより上位に来るので、シンボルがシンボルよりも前面表示される。故障中の機器は点検中の機器よりさらに注目される必要があるため、故障中のシンボルは前面表示させるために本機能を使用している。

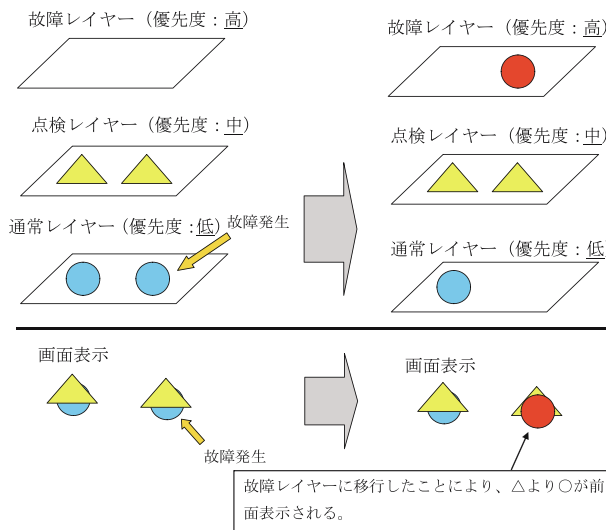


図3-8 レイヤー切替表示

6.2.2 ガイダンス表示

シンボルにガイダンス入力を行うと、点検実施時に ∇ マークが付く。

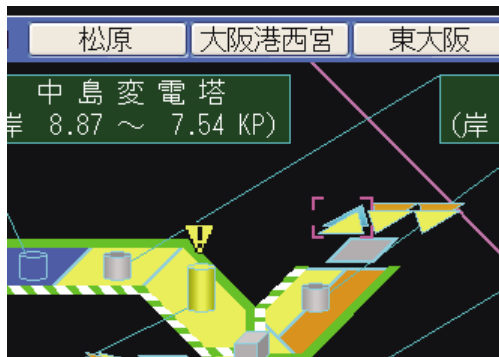


図3-9 ガイダンス表示1

さらに ∇ マークを選択すると、入力したガイダンス内容が表示される。

オペレータ同士の情報共有を容易に行えるようにするための機能である。

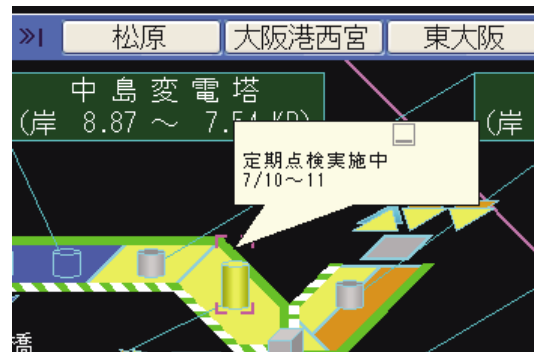


図3-10 ガイダンス表示2

6.2.3 マルチウィンドウ表示

マルチ画面切替を行うことにより、メイン1画面、サブ3画面の計4画面のマルチウィンドウ表示(図3-11)を行うことができる。

さらに操作性を高めるために様々なショートカット操作機構を設けている。

画面選択プルダウン

各監視画面は目次レベル毎にカテゴリ化されている。プルダウンで画面を選択して、「表示」ボタンを押すことで目的の監視画面がメイン画面に表示される。

画面選択タブ表示

同じレベルにカテゴリ化された画面群をタブ選択することで、1挙動で目的の画面を表示できる。

入替ボタン

「入替」ボタンを押すことでメイン画面とサブ画面の表示を入れ替えることができる。詳細を確認したいときに使用する。

メモリ画面

メイン画面、サブ画面の表示パターンを登録しておくことにより、1挙動で複数の画面を表示させることができる。

6.3 負荷名称変更機能

配電線の負荷名称をオンラインで変更できる機能である。画面表示項目の変更、状態発生時のメッセージ内容の変更を行うことができる。ポジション変更を伴わない負荷名称の変更であればメーカーに依頼することなく、ユーザーで実施可能である。

変更した負荷名称データは外部メディア(DVD-RAM)への保存、及び外部メディアからの復元が行える。



図 3 - 11 マルチウィンドウ表示

7. 今後の展望と方針

今回開発したシステムは高速道路を対象としたものであり、管理規模が数万点クラスの大規模なシステム構成になっている。

今後は他市場への展開も見据えて中・小規模システムとして適用できるようにするため、システムを構成する装置の統合化・簡素化を図ることでダウンサイジングを行った廉価版システムを開発していく予定である。

また、近年「エネルギーと環境」に対する意識が高まる中で、省エネ・蓄エネ・創エネをICTで融合させる技術が益々重要になってくる。

今後は、「監視制御技術」を基盤にして「エネルギー・環境ソリューション」へ発展させることに注力する方針である。

8. まとめ

今回の開発では、弊社の監視制御のプロセス管理、二重化管理、リアルタイム処理、データ管理等のコア技術を生かし開発を行った。

特に、操作性、視認性、システムの信頼性、耐久性に重点をおき、運用者の視点を第一に重視して取り組み開発を行った。

これからもシンプルでさらに品質が高くなるよう、さらなる技術の向上を目指し、末永く安心して使っただけの製品を作り続けて行くとともに、アフターサービスも充実させていく所存である。

執筆者紹介



北浦真幸 Masayuki Kitaura
環境事業本部
ソリューションシステム事業部
システム企画開発部 主任



角田広樹 Hiroki Sumida
環境事業本部
ソリューションシステム事業部
システム企画開発部 主任