

高速道路集中監視制御システム

Centralized Supervisory Control Systems for Expressway

高速道路には、道路利用者の安全確保と交通流の円滑化を図るために、照明、トンネル換気、可変標示板など多種多様の設備が設けられており、これらの諸設備を合理的に管理するために、集中監視制御システムが導入されている。年々の路線延長とともに、集中監視制御システムは広域化し、信頼性、拡張性のニーズがますます強くなる一方、広域に散在する設備を迅速かつ的確に制御するため、高度なマンマシンインタフェース機能が要求されるようになった。日立製作所は、これにこたえて集中監視制御装置SUPERROLと制御用計算機HIDICによる高速道路集中監視制御システムを開発した。

本システムは、中央局と数箇所の制御局を有機的に結合したハイアラキシステムを構成しており、分散処理技術により、高信頼度で拡張性に富んだシステムを実現している。また、迅速かつ的確な操作を行なうためオペレーションガイド機能、区間制御機能を備え、更に知識ベースを用いた連動制御機能及び障害規制処理機能により、複雑な事故処理業務を合理化している。

井上正典*	Masanori Inoue
岸川秀男**	Hideo Kishikawa
八尋正和***	Masakazu Yahiro
佐々木利一郎***	Toshiichirō Sasaki
大久保和敏****	Kazutoshi Ōkubo

1 緒言

地域社会を結ぶ幹線道路網として、大量の自動車交通需要を充足する高速道路の役割は大きい。高速道路の建設は年々順調に進捗し、縦貫道がほぼ完了して横断道建設の時代に入ったと言われるまでになった。高速道路が1本の連続した幹線になるのに対応して、監視制御システムは、初期の制御局1局ごとの独立システムから複数の制御局を有機的に結合して、大規模な集中監視制御システムを形成するまでになってきた。

路線延長に容易に対応できる拡張性、昼夜連続運転を維持する高信頼性が、高速道路システムのニーズとしてあげられるが、システムの広域化とともにそのニーズはますます強くなってきている。また、管理範囲の拡大に伴う運転員の負担増大を解消するために、複雑化した運転操作を自動処理し、大量の監視制御内容を合理的に処理する、より高度なマンマシンインタフェース機能が要求されるようになってきた。

本稿では、高速道路集中監視制御システムの概要とシステム構成上の留意点を述べ、日立製作所が日本道路公団に納入した九州自動車道集中監視制御システムを例に、その構成と機能及び特長について述べる。

2 高速道路設備の概要

高速道路の施設には、インターチェンジ、サービスエリア、トンネルなどがある。これらの施設には、交通流を円滑にするために可変標示板、交通量計測などの交通管理設備、道路利用者が安全に走行できるように照明、トンネル換気・防災などの交通安全設備及び各設備へ電力を供給するために受配電、自家発電設備が設けられ、高速道路の円滑な運営が図られている¹⁾。高速道路の設備は、このように多種多様なことが特徴である。

(1) 可変標示板

インターチェンジやトンネルに設置され、刻々と変化する気象、事故などの道路情報を標示板に表示して、道路利用者

の注意を促す。

(2) 可変速度規制標識

高速道路本線上に設置され、気象、工事などの情報をもとに走行車両に最高速度制限の指示を行なう。

(3) 交通量計測

道路に埋設したループコイル、又は超音波を利用した車両検知器を用いて、交通量や渋滞度を把握監視する。

(4) 気象観測

高速道路は平たん地、山間部を貫いており、利用者はこれら気象条件の異なる地域を短い時間に通過する。高速走行の安全を図るため、各地点の路面温度、霧の発生、風速などの気象条件を観測把握して、道路利用者に情報提供と走行の指示を与える。

(5) 照明

高速で走行する利用者が十分な視野を得られるように、また、トンネルを通行するときの明るさの変化に利用者が順応できるように、周囲の明るさを検出し、その明るさに応じて照明設備の照度を切り換える。

(6) トンネル換気

自動車の排気ガスに含有する一酸化炭素など有害成分の除去と、じんあいなどによる視界低下を防止するため、一酸化炭素分析計、煙霧透過率計などでトンネル内の状態を把握し、その計測値に基づいて送排風機による強制換気を行なう。火災時には、防災設備からの火災情報に連動して排煙制御を行なう。

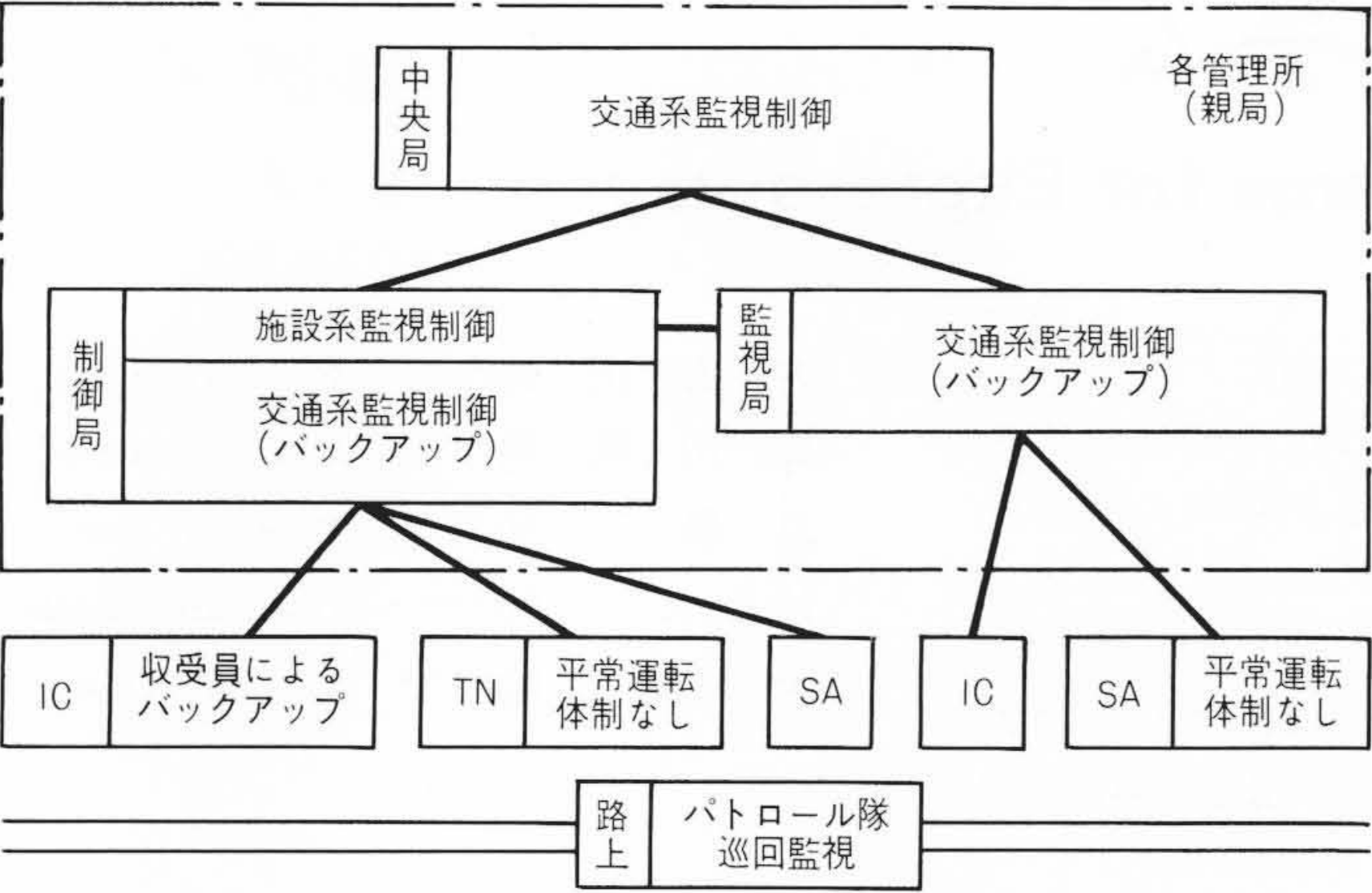
(7) トンネル防災

トンネル内での火災に備え、火災検知器、手動通報器などの通報設備、水噴霧弁などの消火設備が設置され、事故に対しての安全が図られる。

(8) 受配電、自家発電

電力会社から受電した電力を高速道路の各種設備に供給する。停電時にはディーゼル機関駆動の自家発電に切り換えて、

* 日本道路公団高松建設局 ** 日本道路公団福岡管理局 *** 日立製作所大みか工場 **** 日立製作所機電事業本部



注：略語説明 IC(インターチェンジ)、TN(トンネル)、SA(サービスエリア)
図1 高速道路の運用体制 交通系の監視制御は中央局で、施設管理系の監視制御は制御局主体で行なわれる。

道路運用上必要最小限の設備に電力を供給する。

3 高速道路の運用体制

高速道路の集中監視制御は、交通流の変動状態を常時監視し、道路利用者に情報を提供する交通管理系と、照明、換気、受配電など諸設備の運転維持を行なう施設管理系に大別される。高速道路の運用体制は、施設管理主体の制御局数箇所と、全体を統括して交通管理を行なう中央局から構成される。図1に高速道路の運用体制を示す。各管理所での運転員、保守員の有無など監視制御体制の条件に留意して、運用体制と協調のとれた監視制御システムを構成する必要がある。高速道路の運用体制の特徴は次のとおりである。

- (1) 交通管理系は、中央局から全設備を監視制御する。
- (2) 施設管理系は、隣接監視局の設備も含めて制御局から監視制御する。
- (3) 設備の保守員は制御局に配置される。

(4) 可変速度規制標識の監視制御は、警察分駐隊から行なわれる。その監視制御範囲は警察の行政区分に基づいて決定される。

4 システム構成上の留意点

隣接監視局の設備保守は制御局の管理範囲であるなど、各管理所での運用形態が異なっているため、各管理所に要求される監視制御内容をよく検討して、運用体制に適合したシステムを構成する必要がある。また、ドライバーの安全走行にかかわるものであるため、システムの信頼度が高いことが要求され、かつ段階施工を念頭においた拡張性に富んだシステムでなければならない。集中監視制御システムの構成に当たっては、次の点に留意する必要がある。

- (1) 各管理所の運用形態に応じて、監視制御情報を効率よく伝送できること。
- (2) 信頼度が高く、装置一部の故障が全システムの停止につながらないこと。
- (3) 拡張性に富み、増設・改造が短期間で行なえること。

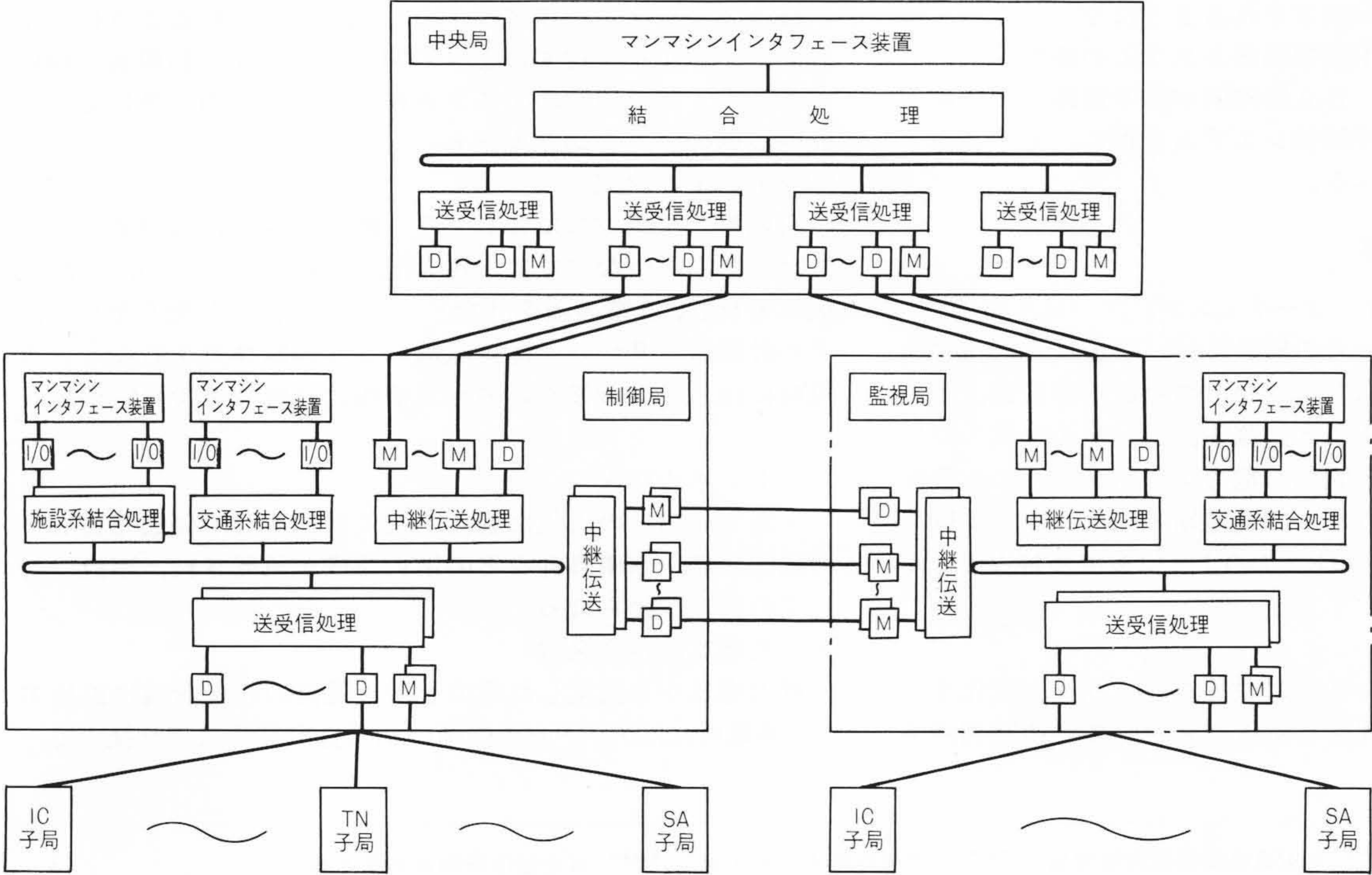
4.1 システム信頼性

信頼性の向上策として、高信頼度部品の採用と装置の二重化があるが、二重化の場合は特に、経済性に留意する必要がある。すなわち、故障時の影響範囲、各管理所間の相互バックアップなどをよく検討して、信頼性と経済性の両立を図らねばならない。図2に高速道路集中監視制御システムでの二重化構成を示す。故障が複数箇所に影響を与える共通部に二重化の範囲を限定して経済性を図っている。主な特長は次のとおりである。

- (1) 交通管理系は、中央局と制御局・監視局の間で相互にバックアップできる構成にして、二重化を不用にしている。
- (2) 施設管理系は共通処理部を二重化している。入出力回路は量が多く故障の範囲が限定されるので、経済性を考慮して二重化を不用にしている。

4.2 システムの拡張性

高速道路は年々一定のペースで建設されるので、集中監視



注：略語説明など
□ (二重化部)
M (送信回路)
D (受信回路)
I/O (入出力回路)

図2 高速道路集中監視制御システムの二重化構成 交通管理系は制御局・監視局でバックアップできるので、二重化を不用としている。施設管理系は共通部だけを二重化して、経済的な高信頼度システムを構成している。

制御システムは、この路線延長に対応して増設・改造が容易にできるように、拡張性をもたせておくことが必要である。高速道路システムの将来拡張に対する留意点は次のとおりである。

- (1) 各管理所の最終的な管理範囲を、当初から明確にしておくこと。特に制御局の場合は、管轄監視局の範囲、路線がとぎれて施工される場合の暫定的な保守管理所などに注意を払う必要がある。また、可変速度規制標識については、県警察の行政区分をよく確認して、伝送系統などを検討しておかねばならない。
- (2) 増設・改造時のシステム停止期間が短いこと。道路利用者は、増設・改造時にも既に開通済みの区間を走行するので、監視制御システムの停止期間が最短となるような構造にしておく必要がある。すなわち、ソフトウェア・ハードウェアは、システムの最終形態に応じた容量をもち、機能単位に細分化したモジュールを標準的なインタフェースで結合する構造方式にしておかねばならない。
- (3) 操作卓、グラフィックパネルは、最終形態の器具配置、寸法を当初から設計して、必要な器具をすべて実装しておく。また、最終形態の寸法によって、コントロール室の機器配置を検討しておくことも重要である。

5 九州自動車道集中監視制御システム

5.1 集中監視制御システムの概要

図3は日本道路公団太宰府中央局管内の九州自動車道集中監視制御システムの概要を示すもので、山口県小月インターチェンジ(以下、ICと略す。)～熊本県人吉IC間及び長崎IC～大分IC間を管理範囲としており、このうち小倉東IC～八幡IC間、八代IC～人吉IC間を除く縦貫自動車道全路線と、長崎多良見IC～大村IC間、佐賀大和IC～鳥栖IC間の横断自動車道が開通している。九州自動車道集中監視制御システムは、中央局1

表1 監視制御項目一覧表 中央局は交通管理系の監視制御を行ない、制御局では施設を維持管理するための監視制御を行なっている。

設 備	監視制御項目	太宰府中央局	久留米制御局		植 木監視局
			自 局管内	監視局管内	
可 変 標 示 板	標示内容	□	□	—	□
	故障	○	○	○	○
可変速度規制標識	規制内容	□	○	—	○
	故障	○	○	○	○
交 通 量 計 測	車両台数	○	○	—	○
	故障	○	○	○	○
気 象 観 測	気象計測値	—	○	—	○
	気象異常	○	○	—	○
	故障	—	○	○	—
移 動 無 線	無線基地局の運転	—	□	□	—
	無線基地局の故障	—	○	○	—
防 災	運転状態	—	□	□	—
	故障	—	○	○	—
	手動通報・検知器	○	○	○	—
受配電・自家発電 照明・換 気	運転状態	—	□	□	—
	計測	—	○	○	—
	故障	—	○	○	—

注：□（監視制御）、○（監視）

局、制御局6局、監視局3局、子局数約130局の大規模なハイアラーキシステムの構成になる。本稿では、このうち太宰府中央局及び久留米制御局を中心に、システム構成と監視制御機能について述べる。

5.2 監視制御内容

表1に太宰府中央局、久留米制御局及び植木監視局での監

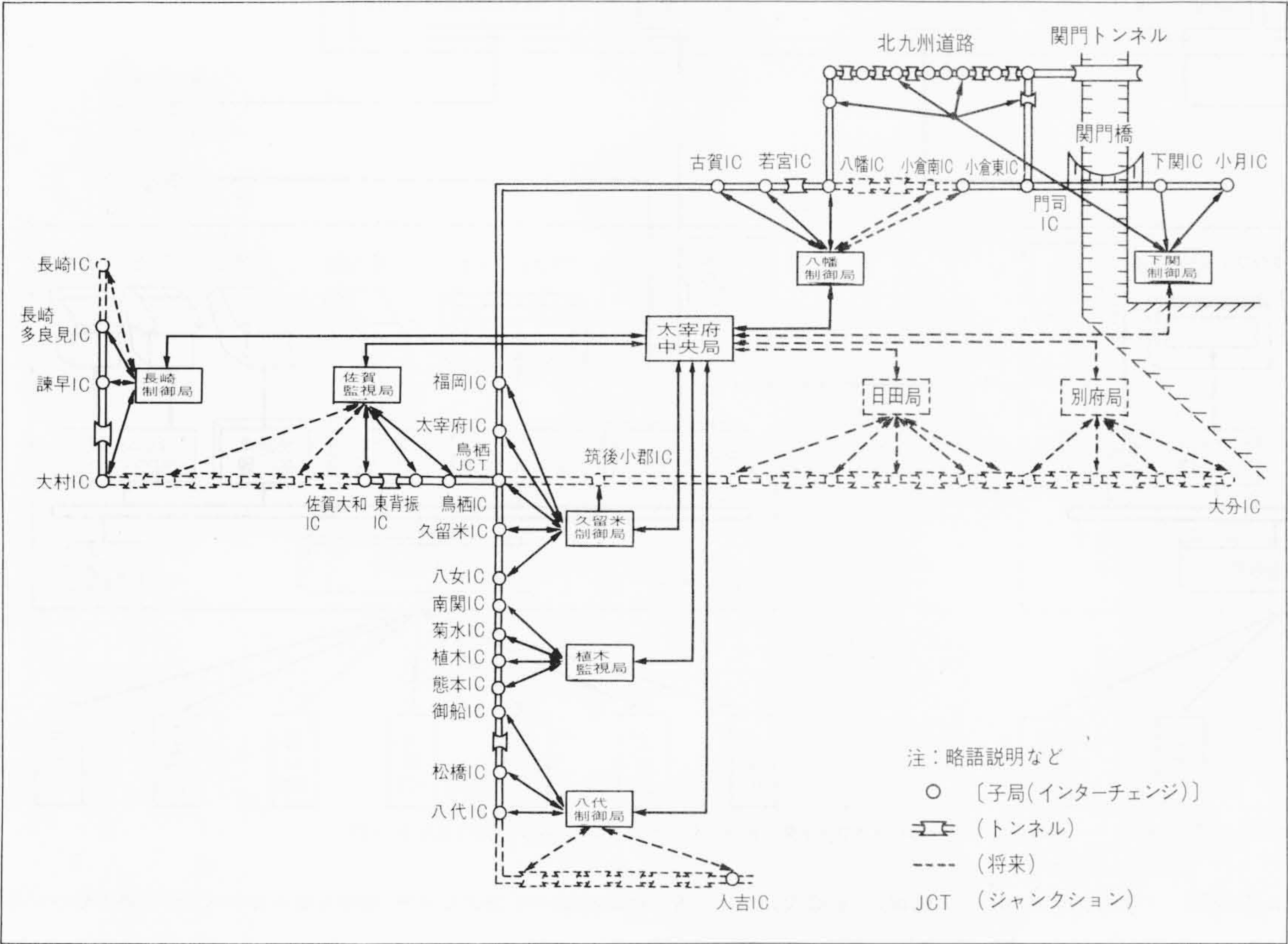


図3 九州自動車道集中監視制御システムの概要 九州自動車道の利用者が、安全、快適に走行できるように、太宰府中央局と9箇所の制御局・監視局からハイアラーキ構成で集中監視制御するシステムになっている。

視制御内容を示す。太宰府中央局は、交通管理系の監視制御を行ない、久留米制御局は、自局と植木監視局管内の施設管理系の監視制御及び中央局のバックアップとして自局内交通管理系の監視制御が行なえるようにしている。また、植木監視局は中央局のバックアップとして自局内交通管理系の監視制御だけを行なえるようにしている。

5.3 太宰府中央局の構成

太宰府中央局は図4に示すように、集中監視制御装置SPR-5500とHIDIC V90/5を中核にした構成とし、機能の高度化、処理の高度化など、以下に述べる特長をもっている。

- (1) 最大30モジュール接続可能なマルチプロセッサ方式のSPR-5500を適用し、大規模システムの段階的構築を可能とした。これにより、今後の路線開通に伴うシステム拡張を容易にした。
- (2) グラフィックパネル、交通卓など機能ごとにモジュール化した分散処理構成とし、処理の負荷分担によりマンマシン応答性の良いシステムを実現した。
- (3) 主メモリ2Mバイトの高性能制御用計算機HIDIC V90/5を適用して、CRT(カラーディスプレイ装置)、タイプライタなどデータ量が多く処理速度が要求されるものを一括処理し、高効率化を図った。
- (4) 各機能モジュール間転送データの種類の限定とフォーマッ

トの規定を行なって、共通バスを簡潔な標準インタフェースとし、システム拡張時のモジュール追加増設を短時間のシステム停止で容易に行なえるようにした。

(5) バス監視モジュールによる故障診断、及び構成制御機能による故障モジュールの自動切り離しなど、豊富な高信頼度化機能を設け、保守が容易で高稼働率を期待できるシステムを実現した。

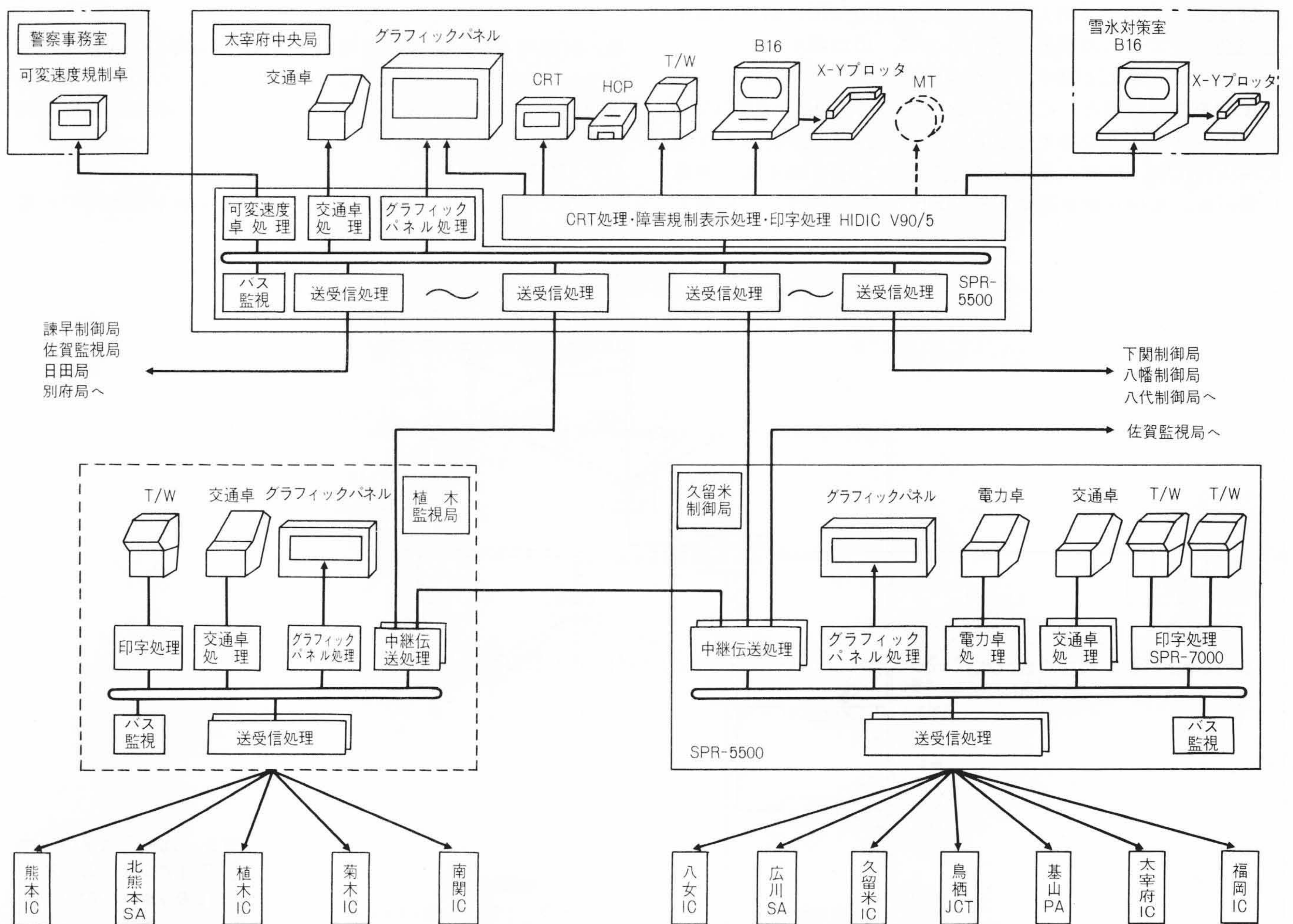
図5に中央局管制室を示す。

5.4 太宰府中央局の機能

太宰府中央局は、管内全域の交通管理系の監視制御を行なう。交通管理は刻々と変動する気象条件、あるいは事故状況に応じてインターチェンジへの乗り入れ制限や本線走行の速度制限を行なうもので、その特徴は、道路上の設備相互に関連をもたせて総合的に運用されることにある。また、高速で走行するドライバーに注意を促すものであるため、迅速かつ確かな制御操作が要求される。したがって、グラフィックパネルに交通管理系全設備の状態を常時表示して、全路線の状況が一目で把握できるようにし、また、連動制御やガイド機能により複雑な可変標示板の制御操作を簡便化した。以下にその特長を述べる。

(1) 監視

グラフィックパネル上に路線キロポスト対応の表示器配置



注：略語説明など CRT(カラーディスプレイ装置), HCP(ハードコピー装置), T/W(タイプライタ), B16(パーソナルコンピュータ), MT(磁気テープ), PA(パーキングエリア),(将来), □(二重化部)

図4 集中監視制御システム構成図 太宰府中央局はSPR-5500とHIDIC V90/5、久留米制御局はSPR-5500とSPR-7000を組み合わせた分散処理形のシステム構成になっている。

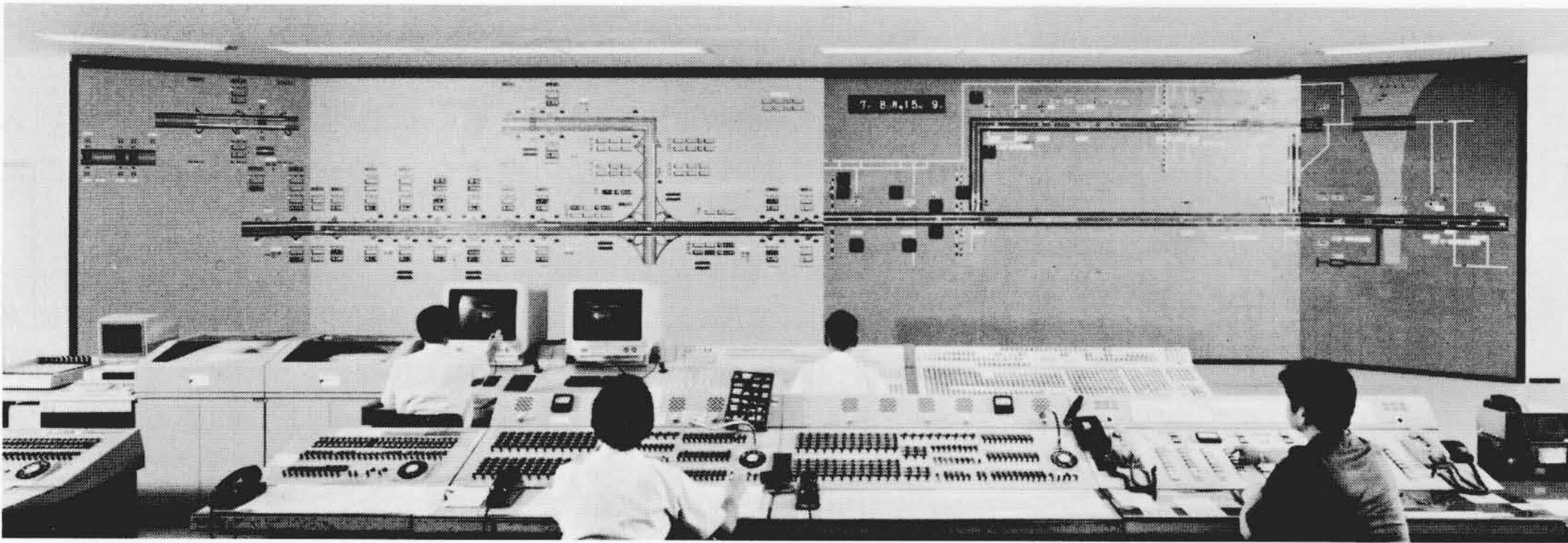


図5 太宰府中央局交通管制室 交通系全設備の表示器を、路線に沿って配置したグラフィックパネルにより、全路線の状況が一目で把握できる。

を行ない、また、CRT対話方式を採用して広域にわたる交通状況の直感的判断と、的確な把握を可能とした。可変標示板標示文字の監視には、反転板表示器による和文表示とCRT画面表示を併用して、グラフィックパネル盤面の簡潔化を図り、幅約14mのグラフィックパネルによる監視を容易にした。また、反転板表示器試験機能を設けてメカによる反転翼回転の試験確認を可能とした。

(2) 制 御

可変標示板には様々な文字を標示するので、これを制御する操作卓に約200個の選択スイッチを集約して取り付けられている。この多量の選択スイッチを誤りなく、かつ迅速に操作するために、オペレーションガイド機能を設けてスイッチを選択するたびに、次に選択すべきスイッチ群をランプ点灯して、運転員が次々に操作できるようにした。また、区間制御機能を設けて、広域にわたる可変標示板を1回の操作で一斉に制御できるようにした。

(3) ジャンクション可変標示板の連動制御

本システムに含まれる鳥栖ジャンクションは、縦貫自動車道と横断自動車道が交差し、かつ国道3号線と34号線が入り交じった、交通管理上全国的にも特異なケースであり、事故発生時の通行車両の誘導方法について、様々な検討が重ねられてきた。以下、ジャンクション可変標示板の連動制御機能について述べる。

縦貫自動車道と横断自動車道が交差するジャンクションでは、3方向の道路情報提供が必要であるため、ジャンクション近辺には多数の可変標示板が設置されている。ジャンクション近辺で交通障害が発生した場合、これらの可変標示板に適切な情報を標示して、進入してくる車両をスムーズに誘導する必要がある。各可変標示板に標示すべき文字は、事故、工事などの障害内容と障害の発生地点によってそれぞれ異なってくるため、これら多数の可変標示板を運転員がそれぞれの的確に制御するのは困難である。また、事故時の誘導方法は経験的なものに頼る点が多いので、この経験的な知識を整理し知識データベースとして蓄え、これをもとに可変標示板の制御を行なう連動制御方式を開発した。運転員は事故発生時の連絡を受けるとCRTで事故発生地点及び障害内容を入力する。処理装置は、この入力情報をもとに蓄えられた知識データベースから該当パターンを導き出し、CRTに可変標示板変更標示内容を提案表示する。運転員は、提案内容を確認して制御操作を行ない、これにより各可変標示板に適切な標示文字を順次指令する。以上、知識データベースをもとにした連動制御機能により事故時の迅速、的確な情報提供を可能にすることができる。図6に鳥栖ジャンクション可変標示板連動制御のCRT画面の例を示す。

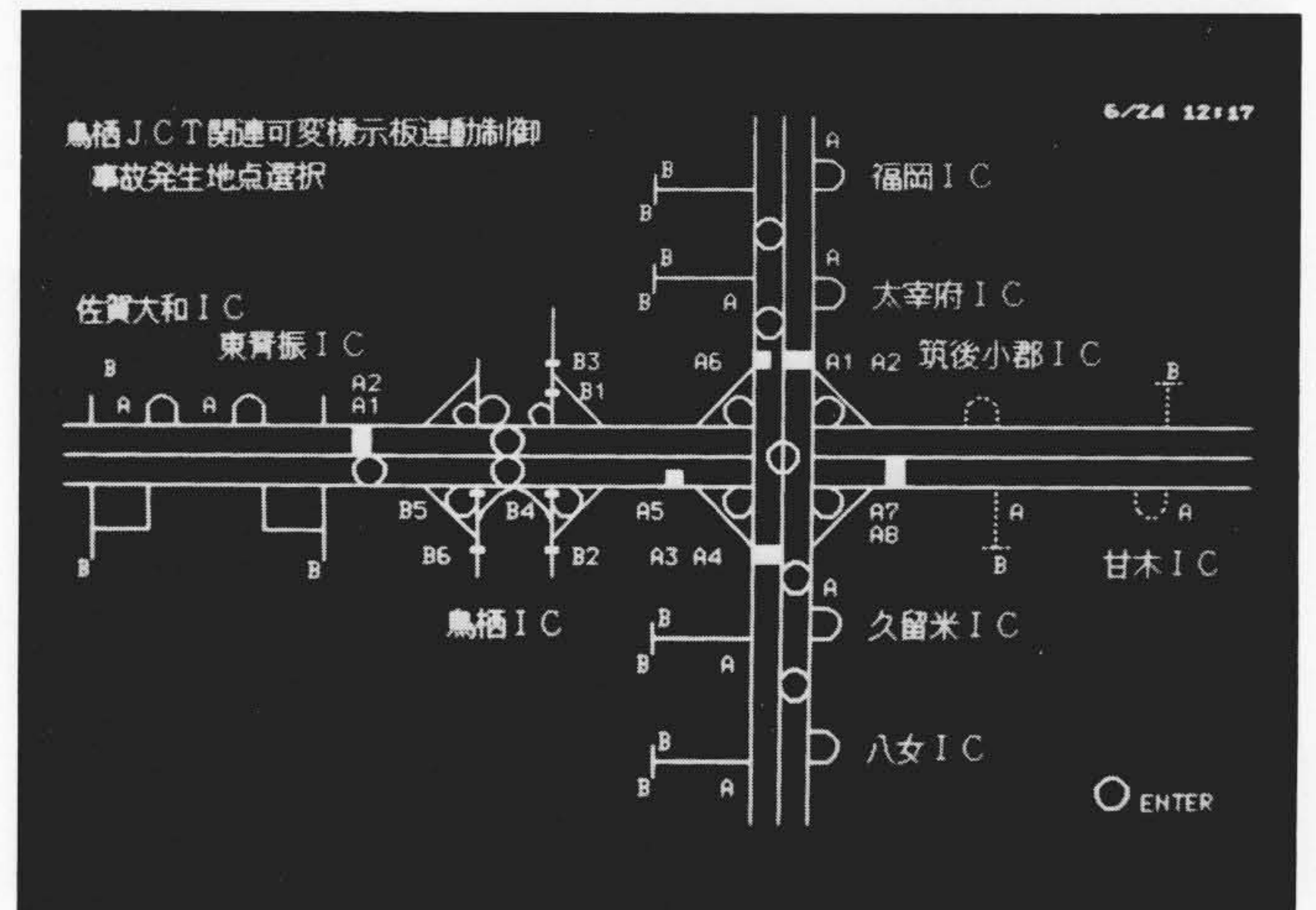


図6 連動制御画面の例 事故発生時に走行車両をスムーズに誘導するために、事故発生地点を選択して可変標示板に適切な標示文字を指令している。

(4) 障害規制

高速道路上で発生する事故などの障害は、社会的影響が大きいため、可変標示板にその情報を標示して道路利用者の安全と走行の便を図るとともに、警察署、消防署など関連機関へ連絡して、迅速な復旧処理を行なうようにしている。障害規制機能は、この連絡を迅速かつ確実に実行するためのもので、パトロールカーなどからの連絡をもとに、障害発生地点、発生時刻、障害の内容と交通規制状況を記憶しておき、警察署、消防署、新聞社及びバス会社に連絡したり、また、関連機関からの問い合わせに対する回答を迅速に行なわせるものである。従来、これらの処理は障害規制表示盤と操作卓によって行なわれていたが、CRT主体のシステムに切り替えてデータベースを一元化し、対話方式のマンマシン処理を行なえるようにした。

主な特長は次のとおりである。

- (1) 路線の各地点ごとに障害発生時の連絡先画面を表示する連絡先ガイド機能を設け、各機関の管轄区分によってまちまちな連絡先を直ちに確認できるようにした。図7に連絡先ガイドの画面例を示す。
- (2) 障害規制状況をCRT画面にリストアップし、この画面をハードコピー装置によりプリントして、関連部署へ配布できるようにした。図8に障害規制リストの例を示す。
- (3) CRTからの障害規制情報入力に連動してグラフィックパネルに通行止め、車線規制、路肩規制をそれぞれ赤色、だいだい色、緑色で带状に点灯し、規制区間を一目で判読できるようにした。

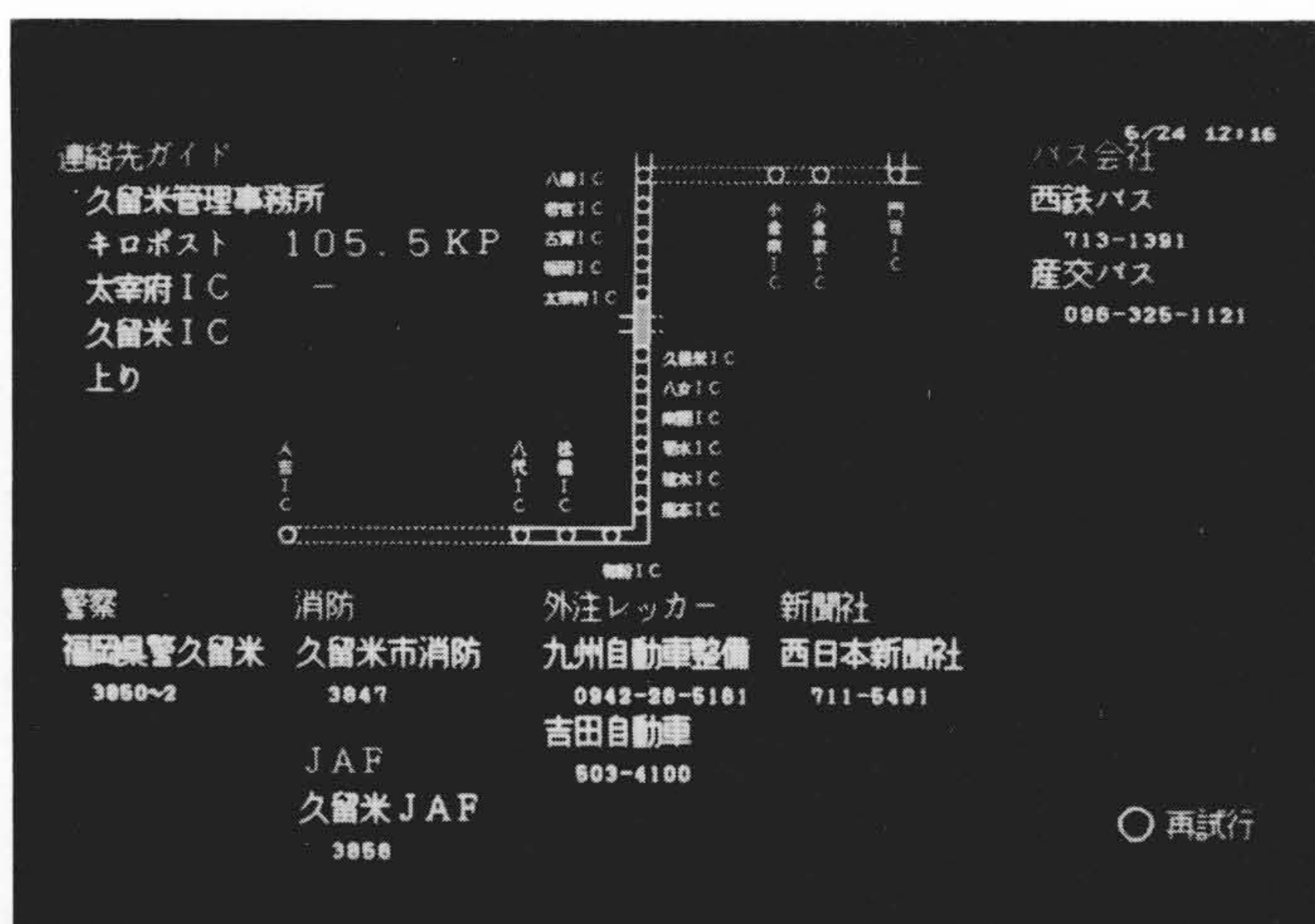


図7 連絡先ガイドの画面例 事故が発生したとき、連絡先機関が直ちに確認できる。



図8 障害規制リストの例 各路線の障害規制状況を、発生順にリストアップしている。

(4) 路線ごとの障害規制状況を、X-Yプロッタによって日報形式で色別記録し、従来の手書き業務を自動化した。

(5) HIDIC V90/5とパーソナルコンピュータをLAN(ローカルエリアネットワーク)で接続し、雪氷対策室で障害規制状況を監視できるようにした。

(6) 予約機能を設けて、工事などあらかじめ予定されている障害を、前日に登録できるようにした。

5.5 久留米制御局の構成

久留米制御局は図4に示すように、集中監視制御装置SPR-5500とSPR-7000、及び施設管理用電力卓をはじめとする各種マンマシン機器により構成しており、次のような特長をもっている。

(1) スーパーロールファミリー機種の16ビット スーパーマイクロコンピュータSPR-7000を印字処理用に適用して、SPR-5500と一体の装置構成とし、高効率、高性能のシステムを実現した。

(2) 多ルート制御優先処理機能を設けて、施設管理系、交通管理系それぞれの運用形態に合わせて、別個独立に運転操作を行なえるようにした。

(3) 構成制御機能により故障モジュールの自動切離しを可能として高信頼度化を図り、交通卓と中継伝送モジュールの危険分散化により、中央局と制御局のシステム相互バックアッ

プを可能とした。

(4) マイクロプロセッサ個別バスの無瞬断二重化切換え方式を開発して高稼働性を図り、電力卓処理モジュールの個別入出力回路に対する二重化切換えを、データ欠損なく自動的に行なえるようにした。

5.6 久留米制御局の機能

久留米制御局は、自局管内と隣接監視局管内の施設管理系全設備の監視制御を行なう。施設管理系の設備は、平常時については自動運転され、故障などの場合に手動運転に切り換えられるので、操作卓に故障・運転状態を集約表示して、故障発生状況を運転員が直ちに把握でき、迅速な復旧対策ができるようにしてある。また、手動操作スイッチを設けて、自動運転不能の間も運転を続行できるようにしてある。主な特長は次のとおりである。

(1) 電力卓による監視制御

久留米制御局管轄の施設管理系全設備の監視制御を行なう。操作はオペレーションガイド機能によって選択制御を容易にし、また、監視には故障残留表示機能を設けた。故障が一つでも発生すると、常時点灯するランプを子局ごとに実装することにより、子局選択を復帰すると故障が確認できなくなる選択表示方式の欠点を解消した。

なお、将来用子局スイッチをすべて実装して、将来の拡張に対処している。

(2) 動作・故障記録

機器の状態が変化したときに、時刻、子局名、機器及び内容を印字する。可変標示板の標示文字を漢字で1行に印字し、また、故障を赤で色別印字して見やすくしてある。

(3) 日報記録

各子局の電力量を日報形式で印字記録する。多数子局の日報を複数の用紙に分けて印字する一斉印字機能を設け、子局数が多い久留米制御局管轄の日報を、制御局、監視局ごとに別々の用紙に作成できるようにした。

6 結 言

多種多様な高速道路設備の合理的な統括管理を目的として、集中監視制御装置SUPERROLと制御用計算機HIDICによる高速道路集中監視制御システムを完成した。構成制御機能、故障診断機能を備え、最大30モジュール接続可能なマルチプロセッサ方式により、高機能・高信頼性・高拡張性のシステムを実現することができた。マンマシン面では、オペレーションガイド、区間制御機能により運転操作の簡便化を図り、ドライバーの安全走行に必要な迅速確実な監視制御を可能とした。また、事故関連情報の知識データベース化と、事故関連処理へのCRT対話方式導入により、複雑な事故処理業務を大幅に合理化することができた。

最近のエレクトロニクス、ネットワーク技術の進展と、高速道路での関連業務全般の合理化のニーズがあいまって、今後は従来の範囲を越えて更に広域で広範囲の統合管理システムに進展してゆくものと思われる。これらのニーズをとらえて、高速道路集中監視制御システムを更に高度なものに発展させていきたい。

最後に、日ごろ御指導いただいている関係各位に対し厚く御礼申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 社団法人建設電気技術協会：遠方監視制御方式に関する研究報告書(その2)(昭56)