

日本道路公団福岡管理局向け

高速道路中央集中監視制御システム

Expressway Centralized Supervisory Control System for Highway Public Corporation

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、交通管制設備や照明、換気、防災、気象観測設備などが広域に分散して設置されている。これらの諸設備を合理的に管理するために、集中監視制御を行なう必要がある。日立製作所は、このような要請に対処し、高信頼度制御用計算機と集中監視制御装置による、諸設備の集中監視システムを開発している。本稿では、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の概要について紹介する。

河野末秋* *Kawano Sueaki*
 原田寿明** *Harada Toshiaki*
 沢地末明*** *Sawachi Sueaki*
 南出節男**** *Minamide Setsuo*
 八尋正和**** *Yahiro Masakazu*

1 緒言

高速道路にはインタチェンジ、トンネル、サービスエリアなどの諸設備が多数設置されている。これらの施設には、道路利用者の安全確保と交通流の円滑化を図るための交通管制設備、例えば、可変標示板、車両検出器、照明設備、換気設備、防災設備、気象観測設備などが広い地域にわたって設けられている。高速道路上、広域に分布する諸設備を有機的に連係したシステムとしてとらえ、中央管理局から統合管理する集中監視制御装置の導入が、交通流の安全確保と円滑化、及び設備の運用、維持管理のために不可欠となっている。

本稿では、最近日本道路公団に対し、日立製作所が納入した九州自動車道中央集中交通管制システムの概要について紹介する。

2 九州自動車道と設備概要

九州自動車道は、九州を縦貫する門司～鹿児島・宮崎間と九州を横断する大分～長崎間が計画されており、このうち古賀～熊本間が開通している。図1はその設備概要を示したものである。高速道路の各施設には、交通流を円滑にするため

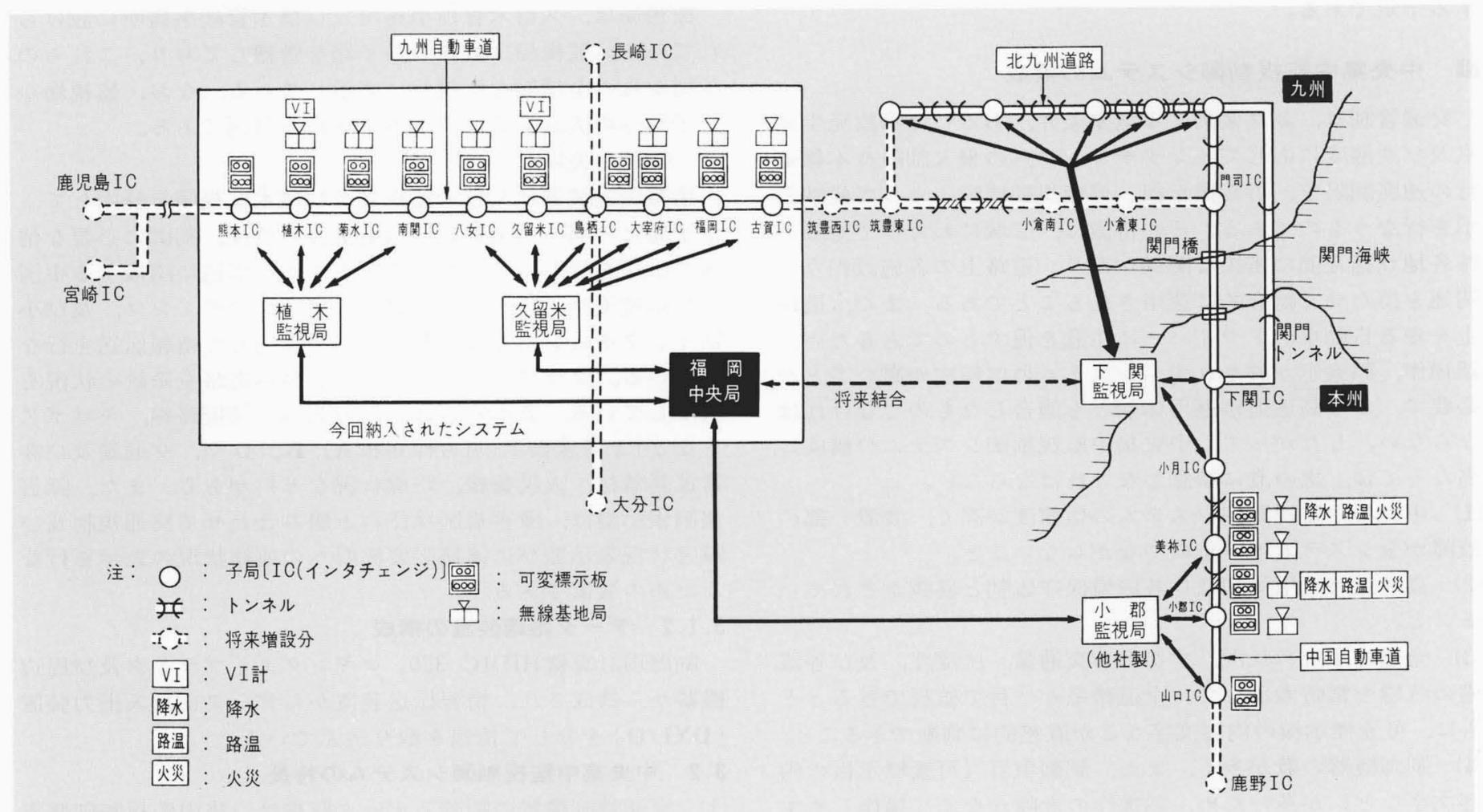


図1 九州自動車道中央集中監視制御システム概要図 九州自動車道を行き交う車両の走行をスムーズにするために、福岡中央局よりハイアラキー構成で集中監視制御を行なっている。

* 日本道路公団福岡管理局 ** 日立製作所機電事業本部計算制御技術本部 *** 日立製作所機電事業本部産業技術本部
 **** 日立製作所大みか工場

の交通管制設備と照明、換気、防災及び受配電、自家発電などの電力設備がある。高速道路の運用は、交通流の状況に応じて道路利用者に情報を提供して交通流を制御する交通管制系と、道路設備への電力供給を管理する電力管理系とに大別される。今回日立製作所が納入した中央集中監視制御システムは、古賀～熊本間約110kmと、九州自動車道に接続している中国自動車道美祢～山口間約70km区間の交通管制機器を、福岡中央局から集中監視する交通管制系システムである。

主な制御対象設備は次のとおりである。

(1) 可変標示板

車両台数、気象観測などで得た各地点の計測値をもとに、可変標示板に渋滞や路面凍結などを表示したり、可変規制表示を行なって利用者の注意を促す。

(2) 気象観測

高速道路は平坦地、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。このため、各地点の路面温度、霧の発生、風速など気象条件を把握監視して、道路利用者に情報提供と走行の指示をする。

(3) 車両検出

車両検出器を用いて、道路の交通量、渋滞度を把握監視する。

(4) 無線基地局・非常電話

道路、トンネル内に設置された非常電話器及びパトローカーに搭載された移動無線電話によって事故、故障などの情報を管理局に通報する。管理局では、高速道路の各機関に連絡するとともに交通規制などの処理を行なう。

なお、今回の中央集中監視制御システムは、将来高速道路の拡張とともに拡張され、また、昭和48年日立製作所が納入した関門地区集中監視制御システムとも結合し、九州地区大半の約500kmの幹線を統括する大形交通管制システムに発展する予定である。

3 中央集中監視制御システムの構成

交通管制は、刻々変動する気象条件、あるいは事故発生地点及び渋滞度に応じてインタチェンジへの乗入制限や本線走行の速度制限を、可変標示板、可変規制標識によって規制表示を行なうものである。その特徴は、広域にわたって走る道路各地点相互間に密接な関係があり、道路上の各施設相互に関連を持たせて総合的に運用されることである。また、道路上を走る自動車のドライバーに注意を促すものであるため、誤操作、誤表示が許されず、システムの信頼度が高いことが必要で、かつ高速道路運用体制とも適合したものでなければならない。したがって、中央集中監視制御システムの構成に当たっては、次の点に留意しなければならない。

- (1) 中央集中監視制御システムの信頼度が高く、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。
- (2) 高速道路運用体制及び各設備保守体制と協調がとれていること。
- (3) 全道路系統の状況、すなわち交通量、渋滞度、及び各設備の状態を常時表示して、全道路系が一目で監視できるとともに、可変標示板の内容文字などが直感的に判断できること。
- (4) 制御機器の数が多く、また、制御項目（可変標示板の内容文字など）が多いため、誤操作の危険がなくて操作しやすい集約形の制御卓として運転を容易にすること。
- (5) 道路に発生した事故情報と、その適切な処置及びその状況並びに道路規制状況を常時表示しておくこと。

3.1 システム構成

図2は九州自動車道集中監視制御システムの構成を示した

ものである。本システムは、道路の各施設(インタチェンジ)で測定した交通量、気象情報、可変標示板表示文字、無線基地局の状態などの情報を福岡中央局に集め、グラフィックパネルに表示するとともに、可変標示板、無線基地局などを中央局から遠方制御するための日立集中監視制御装置SUPERROL-440CX(以下、SPR-440CXと略す)と、制御用計算機HIDIC 350(以下、H-350と略す)から構成されている。制御用計算機H-350は、集中監視制御装置SPR-440CXが集めた情報を取り込んで、機器制御、故障記録を行なうデータ処理と、複雑な機器制御の誤りをなくし、かつオペレータの労力を軽減するためのオペレーションガイドを主な任務としている。

3.1.1 集中監視制御装置SPR-440CXの構成

集中監視制御装置SPR-440CXは、古賀インタチェンジ～熊本インタチェンジ間の10インタチェンジを子局として、この上位に数箇所の子局を監視する監視局を久留米管理事務所と植木管理事務所に設けている。監視局の上位に福岡中央局があり、ここで高速道路全体の統括制御を行なうシステムとしている。集中監視制御装置は、いわゆるハイアラキシステムとしてシステムの信頼度を上げ、システムダウンを防止するとともに、高速道路運用体制と協調して事故などの異常事態に即応できるシステムを構成している。

(1) 子局側装置(10子局)

古賀インタチェンジ～熊本インタチェンジ間の各インタチェンジに子局を設け、中央局からの機器制御指令を可変標示板、無線基地に与えるとともに、インタチェンジに集約されている可変標示板の表示内容、気象情報、車両台数などのデータを監視局経由中央局へ伝送する。

(2) 監視局(2局)

監視局は、久留米管理事務所及び植木管理事務所に設けられている。監視局は数箇所の子局を管轄しており、これらの子局からの全情報を監視盤に表示している。なお、監視局から子局への機器制御は将来実施される計画である。

(3) 福岡中央局

情報伝送装置は久留米監視局及び植木監視局を経由して、全子局との間で交通管制諸設備機器の監視、制御に必要な情報の伝送を行なうものである。九州自動車道に隣接する中国自動車道美祢インタチェンジ、山口インタチェンジ、及び小郡インタチェンジとは小郡監視局を経由して情報伝送を行なっている。グラフィックパネルは、高速道路全系統の状況を表示している。表示内容は、固定表示(模擬路線、キロポストなど)と可変表示(可変標示板A、B、D型、交通量及び非常電話着信、火災警報、路線状況など)がある。また、障害規制表示盤は、障害規制操作台と組み合わせて交通規制及び障害状況表示並びに連絡必要箇所への連絡状況の表示を行なうための装置である。

3.1.2 データ処理装置の構成

制御用計算機HIDIC 350、ロギングタイプライタ及び周辺機器から構成され、情報伝送装置からデータ交換入出力装置(DXI/O)を介して情報を取り込んでいる。

3.2 中央集中監視制御システムの特長

- (1) 交通管制機器の制御とデータ収集は、集中監視制御装置SPR-440CXで行ない、データ処理及びオペレーションガイドは制御用計算機HIDIC 350に機能を分担させてシステムの信頼度を高め、また、制御の速応性を向上させた。
- (2) 大形モザイク式グラフィックパネルに道路状況の表示を一括して行ない、監視を容易にした。可変標示板内容文字は

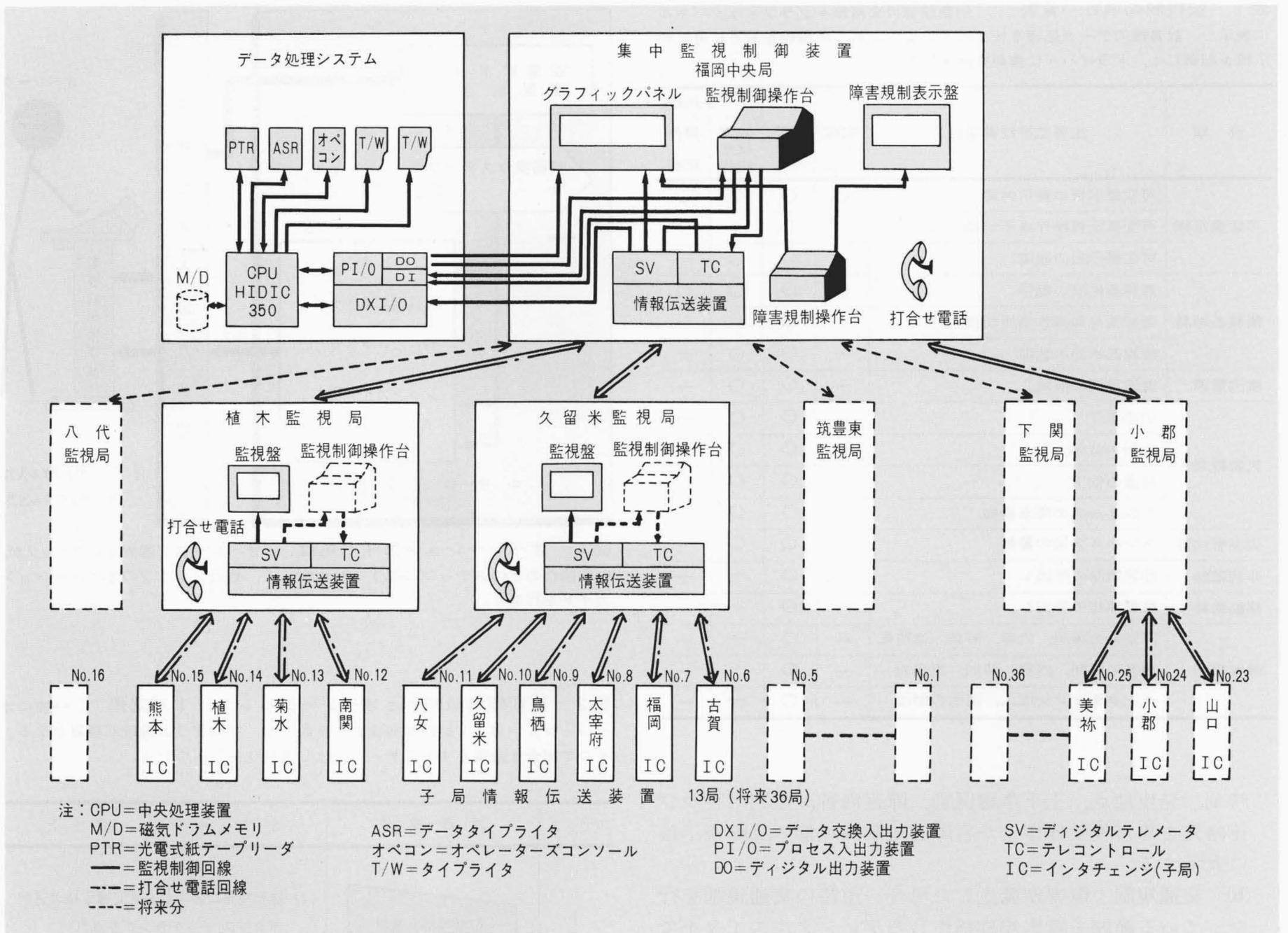


図2 中央集中監視制御システム構成図 SPR-440CXを中心とした集中監視制御システムとHIDIC 350を用いたデータ処理システムにより構成される。

- 発光ダイオード式表示器を使用して、和文表示を可能にした。
- (3) 集中監視制御システムをハイアラキ構成として信頼度向上と道路管理の便を図っている。
- (4) 障害規制表示による連絡業務の合理化を図っている。
- (5) 制御用計算機で記録業務を自動化するとともに、大規模化した高速道路制御の煩雑さをオペレーションガイドの採用で解決した。
- (6) 制御用計算機システムは、システムのオンライン業務移行手順を単純化し、停電後の復電時ただちにオンライン業務へ自動的に移行するオンライン立ち上げ方式としている。
- (7) 将来の高速道路拡張と交通管制広域集中化に備えて拡張性を持たせている。

4 中央集中監視制御システムの機能

4.1 集中監視制御装置の機能

表1は、集中監視制御装置の監視制御項目を示したものである。

- (1) 監視制御の主な項目
 - (a) 可変標示板：監視制御操作台から高速道路に設けられた可変標示板の表示内容を任意に制御する。可変標示板の内容文字は子局から伝送され、グラフィックパネルに和文で表示する。
 - (b) 気象観測：霧発生による煙霧透過率(VIと略称)低下

- と路面温度低下、及びトンネル内の降水検知をグラフィックパネル表示するとともに警報する。
- (c) 火災警報：火災発生したトンネルをグラフィックパネルに表示するとともに警報する。
- (d) 移動無線：パトロールカーからの通報をグラフィックパネルに表示する。無線基地局故障の場合は、監視制御操作台から常用一予備機切換制御を行なう。
- (e) 非常電話：車の事故及び故障発生時の非常電話発信地点をグラフィックパネルに表示する。
- (2) グラフィックパネルと監視制御操作台
 - (a) グラフィックパネル：広域を走る高速道路の状況が一目で直感的に把握できるように幅14m、高さ2.9mのモザイク式グラフィックとして、監視すべき項目をすべて表示している。
 - (i) 固定表示：縮尺模擬路線、地名、キロポスト、インタチェンジ、サービスエリア、パーキングエリア、バスストップなどの表示
 - (ii) 可変表示：可変標示板内容文字(A型、B型、D型)、交通量(5分間値)、無線基地局(常用一予備、故障)、非常電話着信、火災感知、通報、VI低下、路線状況(規制区間、速度規制)、インタチェンジ流入、流出規制など。
- (3) 障害規制
 - (a) 障害規制の記憶：事故など障害が発生したときの発生

表1 監視制御項目一覧表 対象設備の全情報をグラフィックパネルに表示し、計算機でデータ処理を行なっている。これらの情報をもとに可変標示板を制御して、ドライバーに情報提供を行なう。

| 分類 | 主要監視制御項目 | 制御 | 表示 | データ処理 | |
|-------|---------------------|----|----|--------|------|
| | | | | 故障状態記録 | 操作記録 |
| 可変標示板 | 可変標示板の表示内容 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 可変標示板操作場所切換 | — | ○ | — | — |
| | 可変標示板の故障 | — | ○ | ○ | — |
| 無線基地局 | 無線基地局の動作 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 無線基地局操作場所切換 | — | ○ | — | — |
| | 無線基地局の故障 | — | ○ | ○ | — |
| 直流電源 | 直流電源の故障 | — | ○ | ○ | — |
| 気象観測 | VIの低下 | — | ○ | ○ | — |
| | VI計の故障 | — | ○ | ○ | — |
| | 路温の低下 | — | ○ | ○ | — |
| | トンネル内の降水検知 | — | ○ | ○ | — |
| 火災感知器 | トンネル火災の警報 | — | ○ | ○ | — |
| 非常電話 | 非常電話の呼出し | — | ○ | — | — |
| 移動無線 | 移動無線の呼出し | — | ○ | — | — |
| 障害規制 | 障害発生場所, 内容, 時刻, 連絡先 | — | ○ | — | — |
| | 規制の区間, 内容, 時刻, 連絡先 | — | ○ | — | — |
| | インタチェンジ流入, 流出の制限 | — | ○ | — | — |

時刻, 発生地点, 上下車線区別, 障害内容, 規制内容及び連絡先を障害規制操作台から障害規制表示盤の反転表示器に表示する。

(b) 交通規制: 障害が発生した場合, 道路の交通規制を行なっている範囲を障害規制操作台のデジタルスイッチで設定し, グラフィックパネルに通行止めは赤色, 速度規制は橙色で带状に点灯して規制区間を表示する。

(c) インタチェンジ流入・流出制限: インタチェンジ付近で障害が発生して車両の流入・流出を制限した場合, 障害規制操作台からインタチェンジ番号を設定して, グラフィックパネルの流入・流出表示器を赤色と橙色で点灯表示する。

(4) 打合せ電話

中央集中監視制御システムの保守点検連絡用

図3に中央局交通管制室を示す。

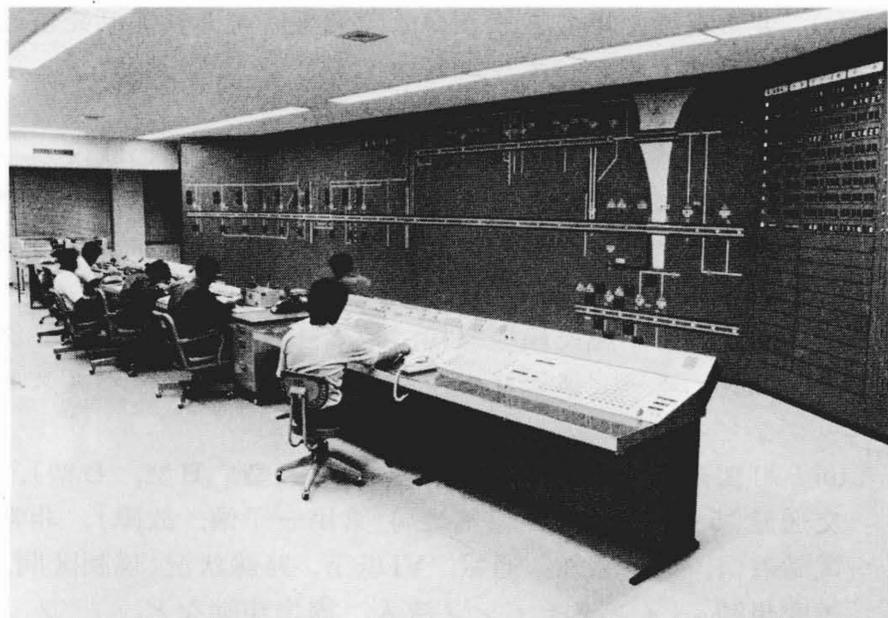


図3 中央局交通管制室 キロポストに対応してシンボルを配置したグラフィックパネルにより, 総合的な監視制御を行なっている。

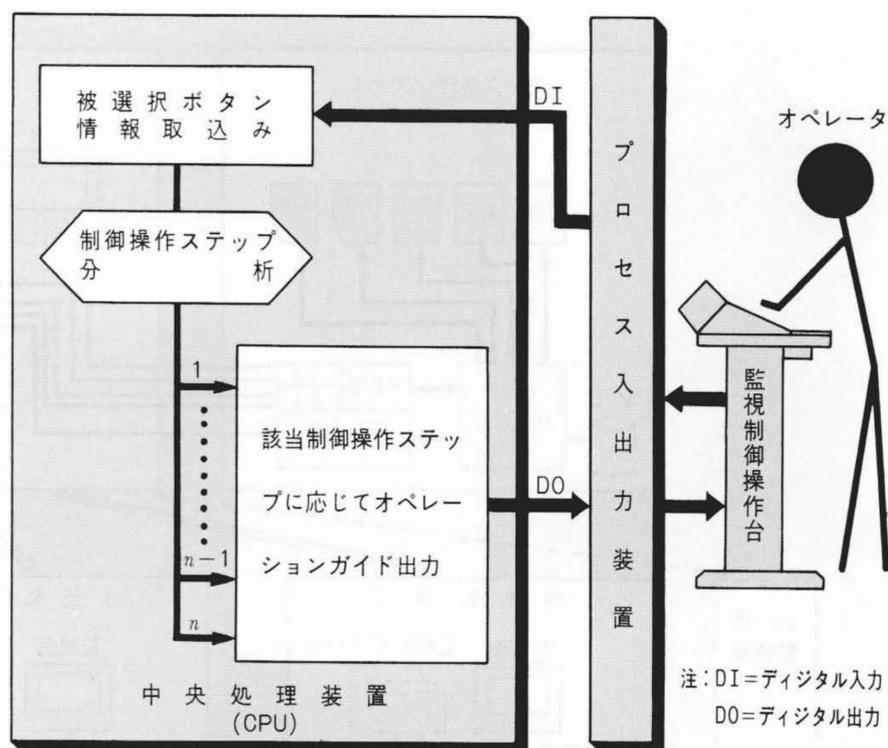


図4 オペレーションガイド処理 オペレータが選択したスイッチが, 制御操作のどのステップに属するか判断して, 該当ステップのオペレーションガイドを行なう。

表2 可変標示板制御とオペレーションガイド対応表 一般にオペレーションガイド処理は組合せが多数あり, プログラム論理が複雑となる。そこで組合せ論理をすべてテーブル化し単純化を図っている。

| ステップ | 制御操作 | オペレーションガイド |
|------|---------------|---|
| 1 | 被監視局名選択 | (1) 被監視局に属する全可変標示板の選択ボタンスイッチランプを点灯 |
| 2 | 可変標示板選択 | (1) 選択された可変標示板に標示可能な全標示項目の選択ボタンスイッチランプを点灯 |
| 3 | 可変標示板上段標示項目選択 | (1) ステップ2で点灯したランプのうち可変標示板上段標示項目選択ボタンスイッチランプだけを消灯 |
| 4 | 可変標示板下段標示項目選択 | (1) ステップ2で点灯したランプのうち可変標示板の下段標示項目選択ボタンスイッチランプだけを消灯 |
| 5 | 制御 | — |

- 注: 1. ステップ2以降の各選択項目の選択は, 選択ボタンスイッチのランプが点灯しているものの中より任意に選択するものとする。
 2. 各選択ボタンスイッチランプの消灯は, 選択項目が正確に選択されたときに行なわれる。
 3. 誤選択を行なったときは, 訂正ボタンを押した後, ステップ1より再試行する。

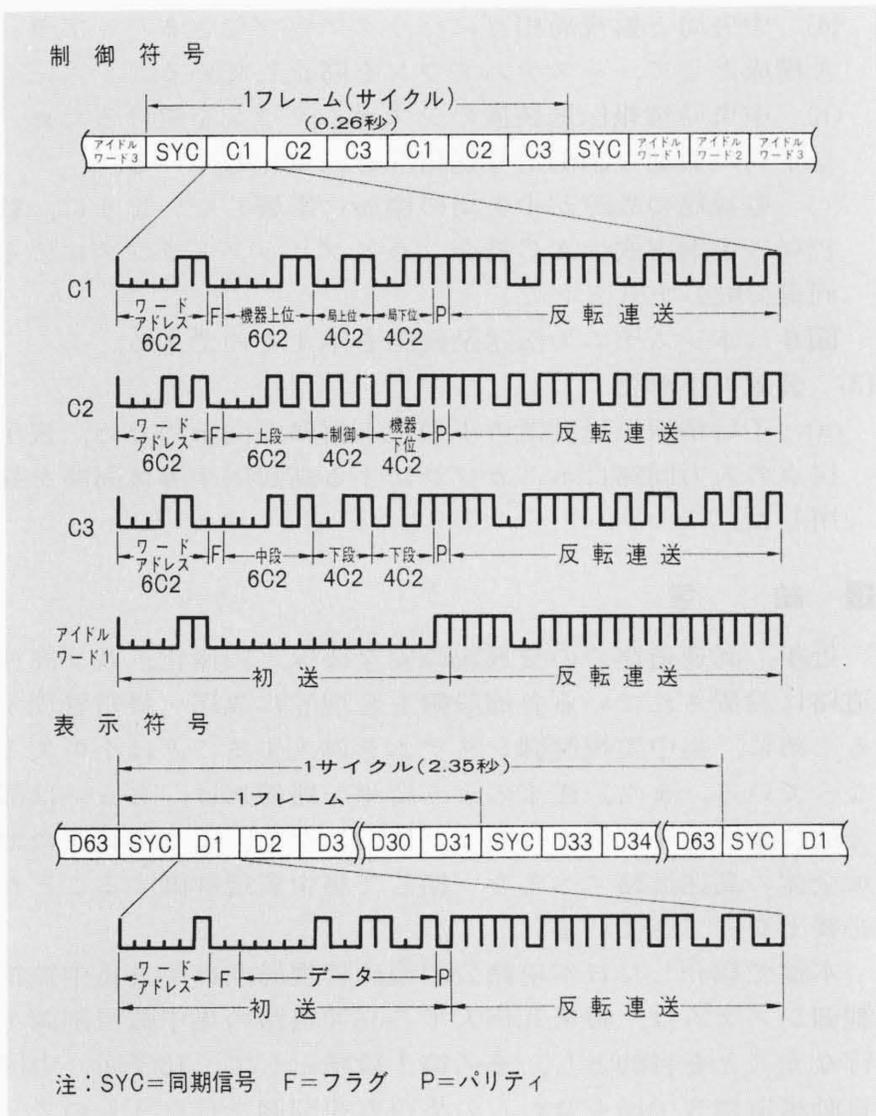


図5 信号伝送フォーマット 制御符号は3ワードで可変標示板の上段、中段、下段の内容文字を同時に制御できる構成にしてある。

4.2 データ処理とオペレーションガイド

(1) 制御記録

中央局から機器制御した場合の操作記録, 及び機器運転記録

(2) 故障記録

各機器の故障発生, 及び復旧記録

(3) 警報記録

VI計, 路温計, 降水検知器, 火災報知器などの警報, 及び警報解除記録

(4) オペレーションガイド

中央局から行なう交通管制機器の制御は, 約1,300項目に達する。これらの制御を子局, 機器, 可変標示板内容の組合

表3 集中監視制御装置仕様一覧表 SPR440CXは, 子局容量, 装置容量, 伝送速度及び信頼性の面で大形交通管制システムに適している。

| 項目 | 仕様 |
|--------------|---------------------------------|
| 形式 | SPR-440CX |
| 対向方式 | 制御 1 : 36, 表示 (1 : 1) × 36 |
| 装置容量 | 制御90機器, 各15項目 |
| (1局当たり) | 表示, 計測: 62ワード |
| 符号方式 | N R Z (Non-Return-to-Zero) 等長符号 |
| 符号誤り検定方式 | 定マーク, パリティ反転連送照合 |
| 伝送時間 | 制御: 0.26秒 |
| (1,200ボーのとき) | 表示: 2.35秒 |

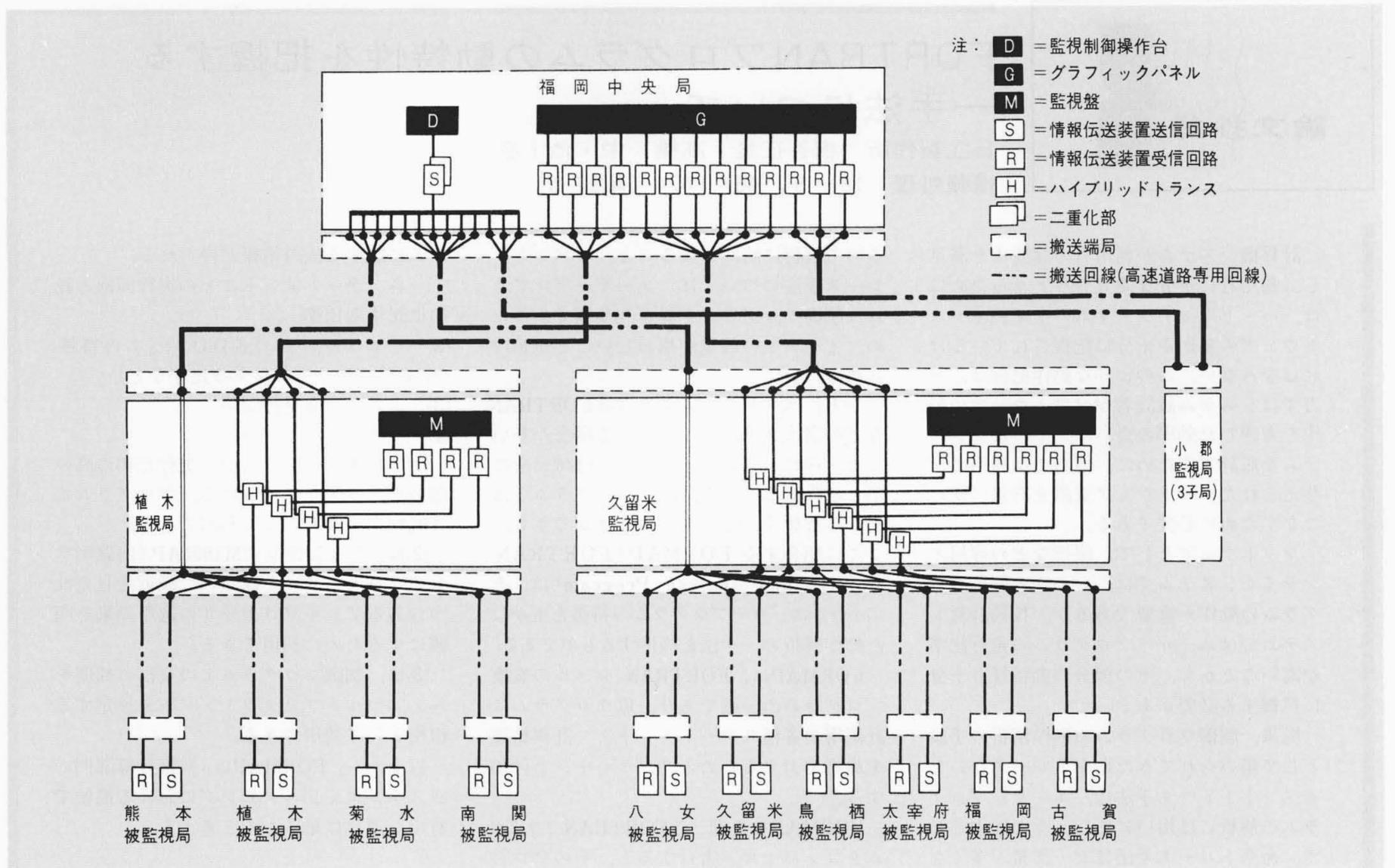


図6 中央集中監視制御システム伝送系統図 各子局からの情報は, 監視局のハイブリッドトランスで分岐され中央局に伝送される。中央局の送信部は, 全子局に共通なので二重化してある。

せて操作するために、監視制御操作台に約 400 個の選択スイッチが集約して取り付けられている。この大量の選択スイッチを誤りなくかつ迅速に操作するためのオペレーションガイドを行なっている。オペレーションガイドは、機器選択操作手順が幾つかのステップで行なわれることに着目して、各ステップごとに次ステップで操作すべきスイッチ群をグリーンランプ点灯させる方式とした。図 4 はオペレーションガイド処理の基本的な処理フローを示し、表 2 は具体的な可変標示板の制御操作を示したものである。

5 集中監視制御装置

高速道路交通管制システムは、広域に設けられた機器を制御するので、子局数及び情報量が多い。このため、ハイブリッド(制御 1 : N, 表示計測 (1 : 1) × N) 方式の集中監視制御装置が適用される。本システムでは、日立集中監視制御装置 SPR-440CX を適用した。SPR-440CX の仕様を表 3 に示す。

(1) 情報収集と制御の高速化

- (a) 信号伝送は 1,200 ボーの F S 変調方式を採用して、制御時間 0.26 秒、表示計測 2.35 秒と高速化している。
- (b) 制御手順を簡略化して、多数機器の連続制御を可能にするため、一挙動制御方式としている。また、制御信号伝送を確実にするために、子局への制御信号は連続 2 回送信する方式とした。
- (c) 可変標示板の上段、中段、下段の内容文字を同時制御できる方式として、複雑な表示内容文字の制御を簡略化した。図 5 に SPR-440CX の伝送フォーマットを示す。

(2) 高信頼度化

- (a) 中央局と監視局相互にバックアップできるハイアラキ構成として、システムダウンを防止している。
- (b) 中央局情報伝送装置のシステムダウンを避けるため、全子局に共通な制御信号送信部を二重化している。
- (c) 監視局の故障が中央局の機能に影響しないように、監視局の中継方式は A C 結合 (ハイブリッドトランスによる回線分岐) 方式とした。

図 6 は本システムの伝送系統図を示すものである。

(3) 装置の小形化

- (a) 子局情報伝送装置の小形化と信頼度向上のため、表示接点の入力回路にホットカプラによる高耐圧半導体回路を採用した。

6 結 言

近年、高速道路での交通流の安全確保と円滑化、及び高速道路に設置されている各種設備を合理的に運用・維持管理するために、集中監視制御システムを導入することは不可欠となっている。また、従来のように単一路線だけ、あるいは部分的に集中監視制御を行なうだけではなく、より広範囲に地域全体の高速道路すべてを一括して集中監視制御することが必要となってきている。

本稿で紹介した日本道路公団福岡管理局向け中央集中監視制御システムは、将来九州大半の高速道路の集中監視制御を行なうことを目的とし、その第 1 段階として、13 子局 (中国自動車道側 3 子局を含む) の集中監視制御を行なうもので、昭和 50 年 9 月納入以来順調に稼動している。本システムの導入、建設に際し、御指導及び御協力をいただいた各位に対し厚くお礼申しあげる次第である。

論文抄録

FORTRANプログラムの動特性を把握する 一手法について

日立製作所 梅谷征雄・高橋 栄・他 1 名
情報処理 18-5, 467~474 (昭52-5)

計算機システムが利用者の諸要求を満足し、利用者に十分な便宜を与えうるためには、ハードウェアシステムの上で働くソフトウェアの動作が十分に把握されていなければならない。このような動作把握は、一方ではシステム設計者がソフトウェアの動作を考慮した効率の良いハードウェアシステムを設計するために、他方では利用者と与えられたハードウェア資源を有効に使いこなすために必要である。

ソフトウェアとして、銀行などの専用オンラインシステムでは、いわゆる制御プログラムの動作が重要であるが、技術計算システムではユーザープログラムの走行比率が高いことから、その部分の動特性も十分に把握する必要がある。

従来、制御プログラムの動作解析の手段として用いられてきた命令トレースないしイベントトレース手法は、ユーザープログラムの解析には用いにくい。その理由として、命令トレース手法はデータ量が多くな

るので解析に時間が掛ること、イベントトレース手法については、ユーザープログラムは制御プログラムと異なり多様であるため、イベントの設定が煩わしいことが挙げられる。

一方、ユーザープログラムは FORTRAN などの高水準言語で記述される場合が多いこと、それがコンパイラにより機械命令に落とされることから、制御プログラムとは異なる解析手法を考案することができる。ここに紹介する FORMAP (FORTRAN Metrize and Analyse Program) は、そのようなユーザープログラムの特徴を生かした動作解析の一手法を提供するものである。

FORMAP は、FORTRAN レベルの変換プログラムの一種であり、原プログラムに計測用の各種ステートメントと、計測結果を編集出力するためのサブルーチンを付加する。

FORMAP で処理した FORTRAN プログラムをコンパイル、実行すると、そのプログ

ラムに関する次の情報が得られる。

- (1) 各ステートメントごとの実行回数と総和に対する比率
- (2) プログラム中の各 DO ループの特性 (全実行ステップに対する比率など)
- (3) 入出力命令発行間隔
- (4) その他

(1) は対象プログラム中、走行比率の高い部分を浮き彫りにするので、プログラムの性能向上の資料として利用できる。

(2) は、日立製作所の M180IAP (内蔵形アレイプロセッサ) をはじめ、最近注目されつつあるアレイプロセッサの適用効果を明確にするために利用できる。

(3) は、制御プログラムとの交信の頻度を与え、マルチプログラミング率を推定する根拠として利用できる。

以上から、FORMAP は、技術計算部門のシステムエンジニアリングにおける簡便で有用な道具に足るものと考えられる。