U. D. C. 621.316.72 : 621.398
625.711.3 : 628.8/.9

東名高速道路富士～清水間電気設備の集中制御

Centralized Supervisory Control of Electric Equipment between Fuji and Shimizu of Tokyo-Nagoya Expresshighway

原田寿明* 遠藤徹* 沢地末明**
Toshiaki Harada Tôru Endô Sueaki Sawachi

要　　旨

近年，高速自動車専用道路の発達とともに大規模な自動車トンネル，サービスエリアやインターチェンジが各所に建設されている。自動車トンネルにおける交通量に対応した排気ガスの強制換気設備および照明設備，防災設備ならびにそれに伴う電気設備も大規模となり，長距離にわたり分布するこれらの設備を一つのシステムとして合理的に管理制御するために集中制御が行なわれるようになった。

今回，日本道路公団東名高速道路富士中央管理所に設置された総合集中制御装置はかかる観点から富士インターチェンジ～清水インターチェンジ間にある諸設備の情報をすべて中央管理所に集めて一括監視制御を行なうものである。

本稿ではハイウェイコントロールシステムの一例として東名高速道路における電気設備の集中制御方式についてその概要を述べる。

1. 緒　　言

東名高速道路の富士インターチェンジ（以下I. C.と略す）～清水I. C.間は興津トンネルをはじめ5個所のトンネルがあり，またこれらのほかに2個所のI. C.と1個所のサービスエリア（以下S. A.と略す）がある。

自動車専用トンネルでは排気ガスがに対し換気設備を設け，煙霧透過率計（以下VI計と略す）および一酸化炭素計（以下CO計と略す）と連動して強制換気を行なっている。

また，道路およびトンネル内の交通の安全を図るため，交通量計測記録装置，照明設備，電光掲示標識，防災設備とこれらに電源を供給する受配電設備が設置されている。長距離にわたり分散設置されているこれらの設備は，相互に密接な関係を持つた一つのシステムとして運転制御されなければならない。このようなハイウェイシステムを合理的に運転制御するための中央管理所における集中遠方制御方式が計画された。

本文ではこれらのシステムの概要について述べる。

2. 高速道路用電気設備の概要

図1は東名高速道路富士I. C.～清水I. C.間にある電気設備の配置図である。

この区間にある蒲原，興津，清見寺の各トンネルは，強制換気が必要となるので換気所が設けられ，送風機とその運転に必要な制御装置，照明用コントロールセンタ防災設備などが設置されている。

強制換気の必要のない薩埵，袖師トンネルには屋外キュービクル形の配電所を設置して，その中に照明，防災などの設備が設置されている。

また，各トンネルの入口およびI. C., S. A.の出口には，電光掲示標識，興津トンネルには，車両台数計数器が設置されている。

図2は一例として清見寺トンネルの機器の構成を示したものである。

2.1 受配電設備

受配電設備としては富士I. C., 富士川S. A., 蒲原トンネル，興津に受電所があり，興津受電所は，薩埵配電所，興津換気所，清見寺換気所，袖師配電所に電力を供給している。

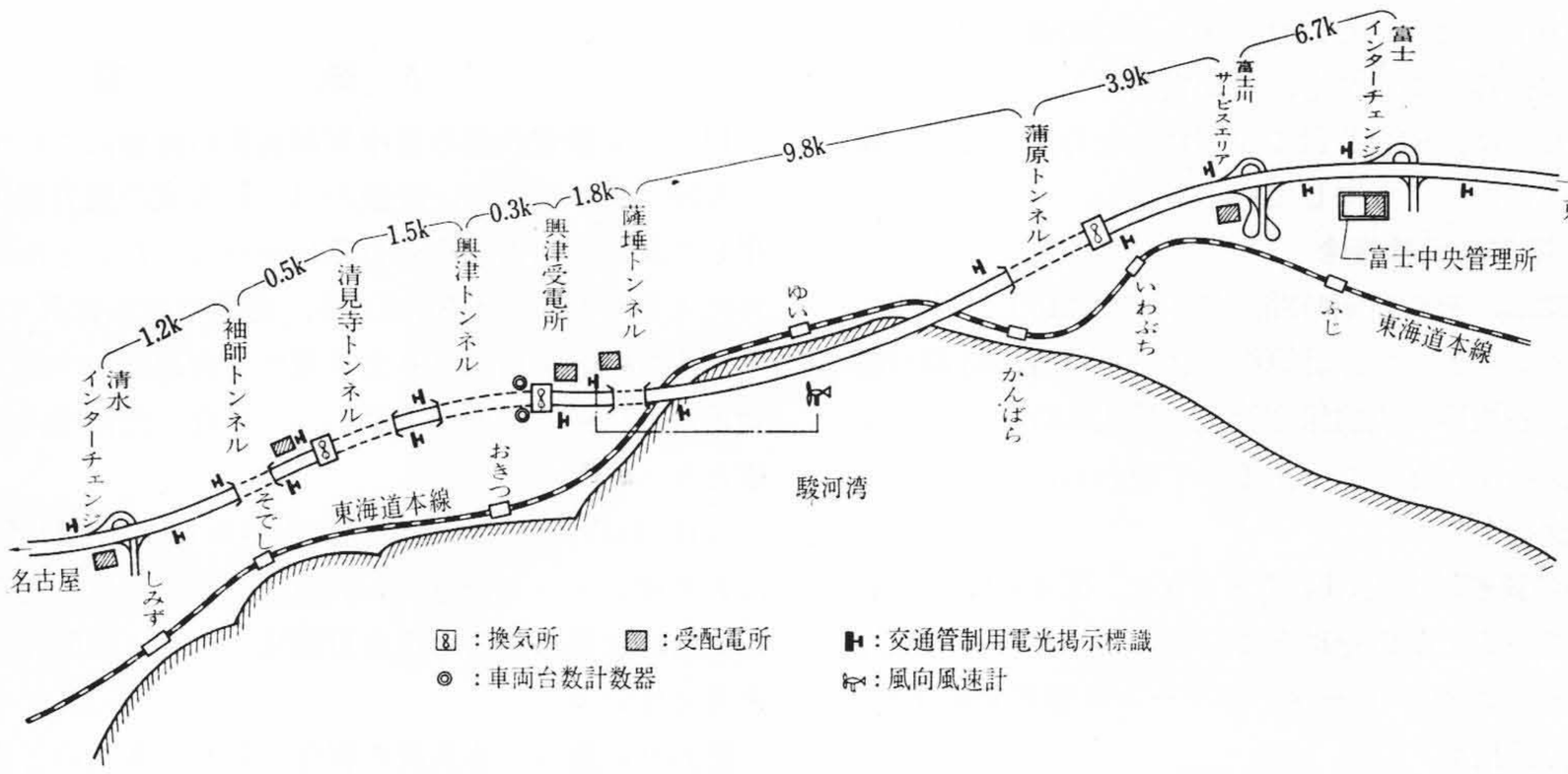


図1　東名高速道路 富士～清水間電気設備配置図

*　日立製作所大みか工場
**　日立製作所機電事業本部 産業技術本部

興津受電所は，中部電力株式会社から 6.6 kV で受電して，そのまま各換気所および配電所に供給し，そこで 460 V に変換して各機器に供給している。

また，万一の停電に備えて，興津受電所，蒲原換気所，富士 I. C.，清水 I. C.，富士川 S. A. には自家発電設備が設置されている。

図 3 は一例として興津受電所系の単線結線図を示したものである。

2. 2　自動換気設備

図 4 は清見寺換気所の外観である。この中には図 2 に示すように上下線用送風機各 3 台，送風機制御用キュービクル，自動制御装置およびこれらを中央より制御するための遠方監視制御装置などが収納されている。

送風機については表 1 に示すように平常と非常時の 2 種類の制御があり，所要換気量に応じて高速，低速の速度制御と台数制御による風量調整が行なわれている。

（1）　ダンパ単独制御……ダンパの点検，試験時の制御でダンパと送風機を独立して運転する。

（2）　ファン連動制御……機器別に制御する方式でダンパは送風機と連動して動作する。

（3）　手動連動制御……ノッチ制御用スイッチのワンタッチ操作で，表 2 に示す各風量段階（以下ノッチと略す）の制御を行なう。

（4）　自動連動制御……VI 計および CO 計出力に応じて，あらかじめ定めてある最適換気風量になるよう自動運転を行なっている。

たとえば，VI 計出力が悪化して所定の下限値を一定時間（0～60 秒可変）以上継続して下回った場合は，現段階より 1 段上のノッチ制御にはいり，一定時間（0～10 分可変）後さらに下限値を切っておればさらに 1 段上げ制御を行なう。上限値を越えた場合は 1 段下げ制御を行ない常に VI 計出力を所定値内にあるよう制御する。また，VI 計出力が極度に悪化した場合はノッチ 2 段上げ制御に移るようになっている。

また CO 計出力が増大して所定の上限値を越えれば最高ノッチ運転に移るようになっている。

（5）　応援送風……送風機が故障して風量不足の場合の制御で，故障機と反対側の送風機を運転して，風量を故障機側に送る。

（6）　ファン単独手動連動制御…火災時の制御で，手動で火災ノッチスイッチを操作することにより，送風機全台数が停止し，火災発生側の送風機より順次起動する。

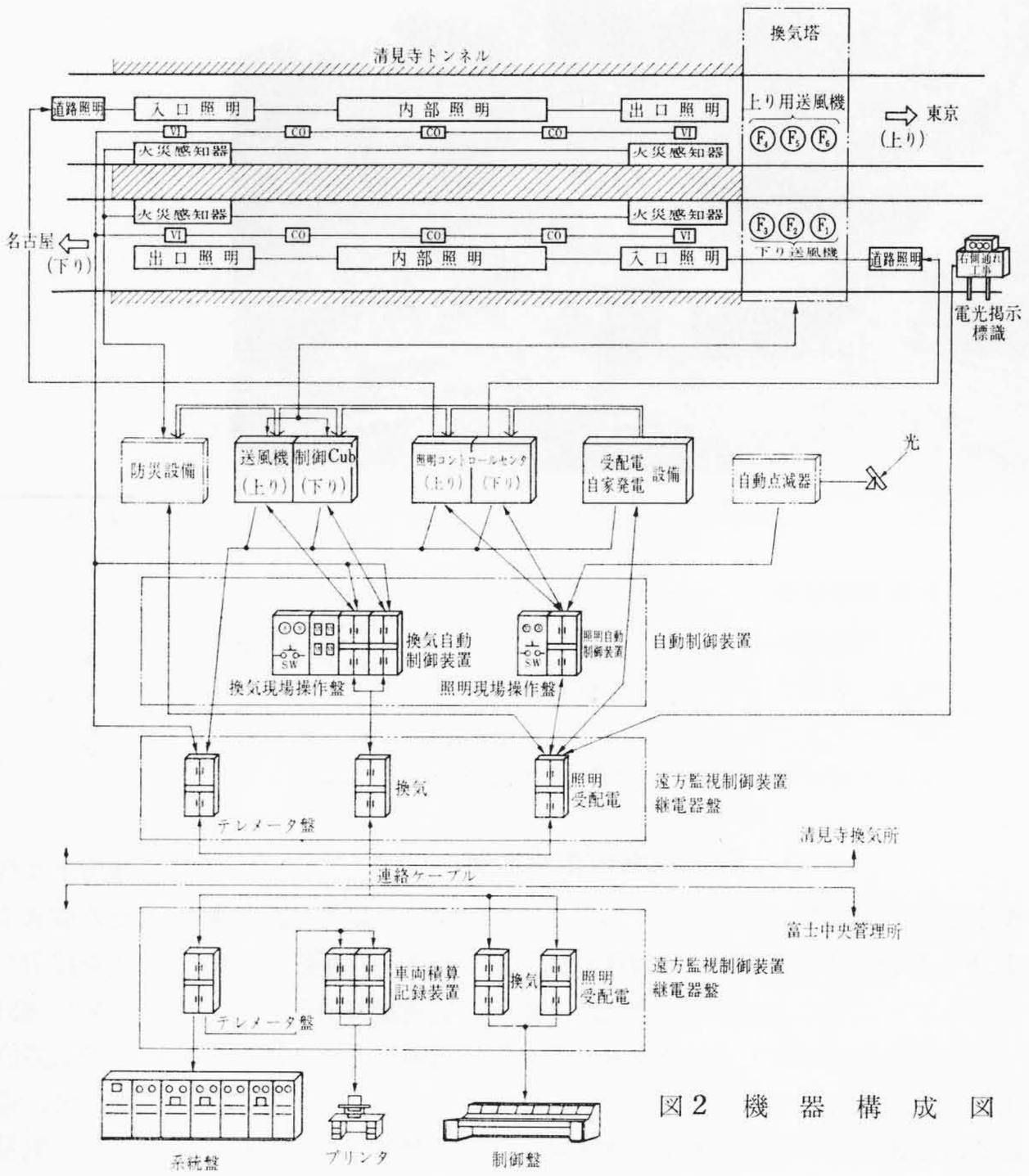


図 2　機　器　構　成　図

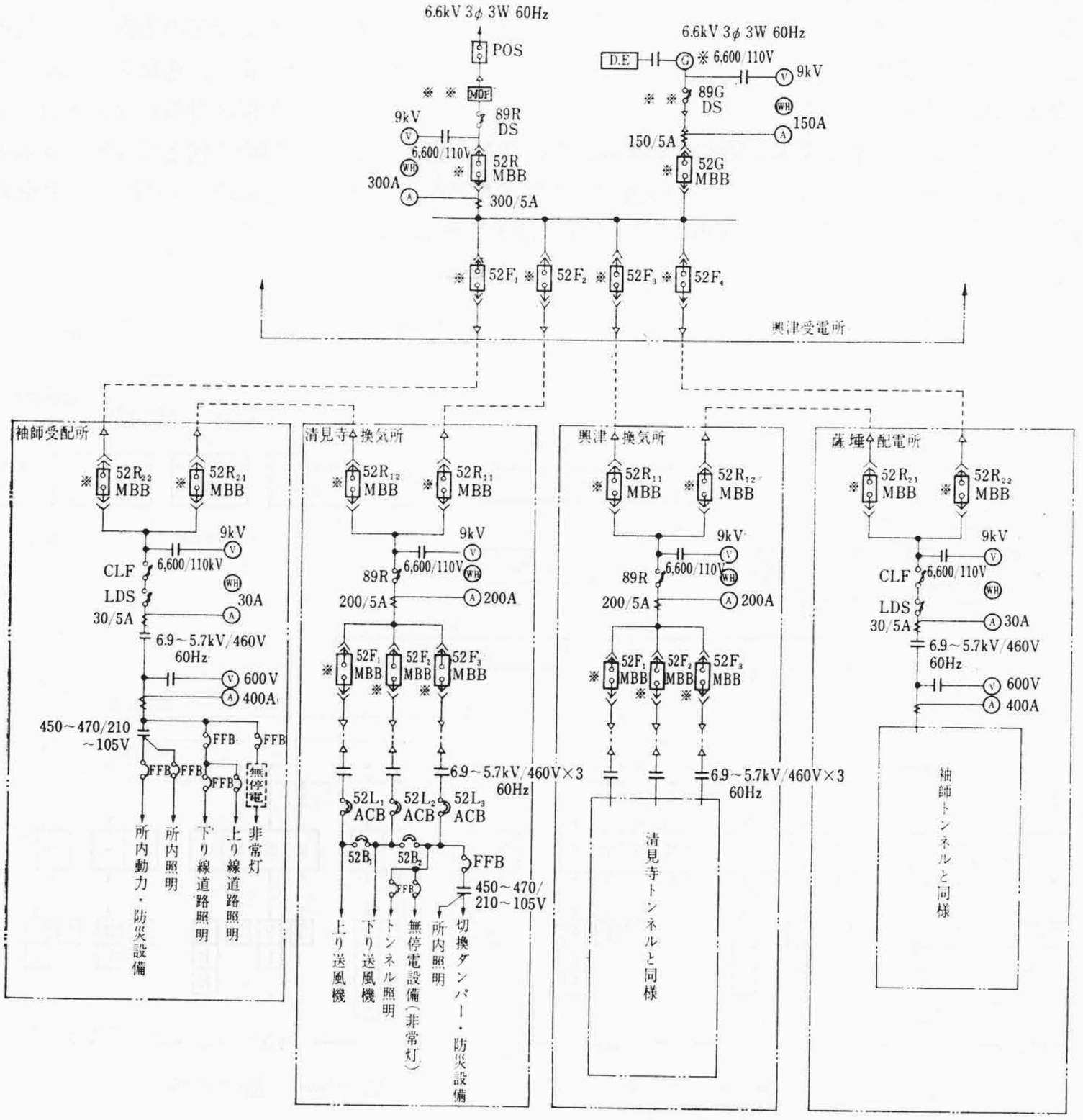


図 3　興津受電所系の単線結線図

※　遠方監視制御対象機器
※※　遠方監視のみの対象機器

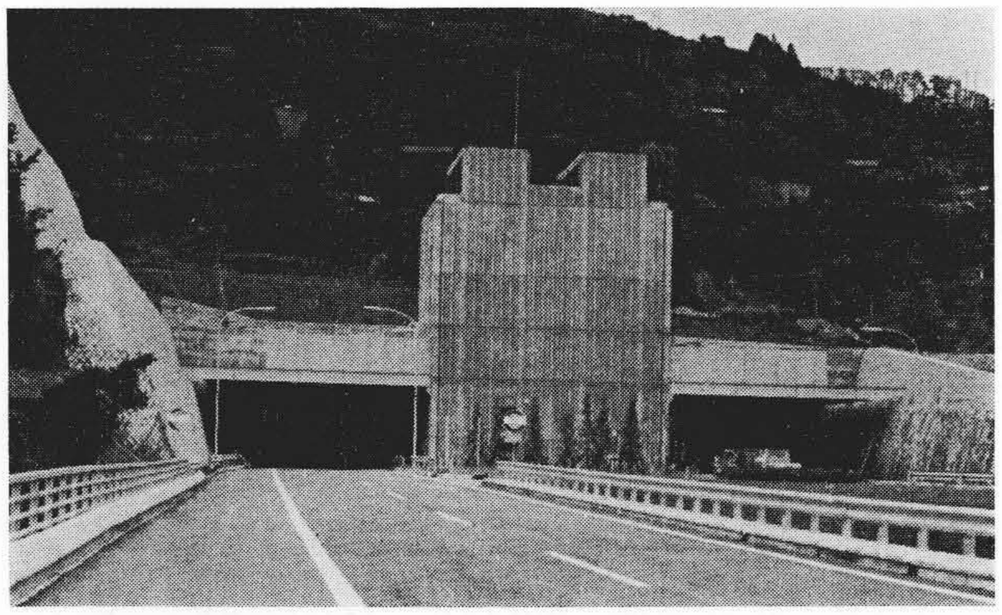


図4　清見寺換気所

（7）　自動連動制御……火災時の制御で，火災感知器の指令により，自動的に(6)の制御を行なうものである。なお，停電時火災が発生した場合は，自家発の容量が少ないため火災側のトンネルのみ最優先に3台順序起動し，反対側トンネルおよびほかのトンネルの送風機は全台数停止させる。

3. 電気設備の集中制御

集中制御方式は各電気所ごとに専用の遠方監視制御装置を設置する1:1の集合方式を採用し，1個所の装置故障がほかの運転に影響を及ぼさないようにしている。また，1個所の監視制御項目が多いので換気設備と受配電・自家発電・照明・防災設備ごとにそれぞれ専用の装置を設置している。

図5は全体の集中制御系統を示すブロックダイヤグラムである。

遠方監視制御装置には動作速度が速く，多数項目の迅速な監視制御が可能で集中制御に適する日立サイクリック式トランジスタ遠方監視制御装置を使用している。

図6は伝送系統図である。

富士中央管理所～清水I. C.間は約26 kmあり，各被制御所ごとに専用連絡ケーブルを布設することは経済的に不利であるため，全体を二つのグループに分け，管理所に近い蒲原，富士川S. A.は管理所より直接専用ケーブルで，薩埵～清水間は専用ケーブルでいったん清水I. C.に集め，一括して搬送回線で管理所に情報を送る方式を採用している。

表1　換気制御方式

	制御方式	制御場所
平常時制御	(1) ダンパ単独	現場
	(2) ファン連動	現場，中央
	(3) 手動連動	現場，中央
	(4) 自動連動	(自動盤)
非常時制御	(5) 応援送風	現場，中央
	(6) ファン単独手動連動	現場，中央
	(7) 自動連動	(自動盤)

表2　風量段階の台数，速度の組合せ

ノッチ	制御	換気量 (m^3/s)	備考
0	全台数停止	0	
1	1台低速運転	約 66	
2	1台高速運転	約 88	
3	2台低速運転	約 117	
4	2台高速運転	約 151	
5	3台高速運転	約 201	
E	3台高速逆転運転	約 121	火災時のみ

3.1　換気設備の遠方制御

換気設備はVI計およびCO計による自動運転がなされる。したがって，遠方監視制御装置では緊急時必要に応じて制御できるようにし，風量調節，送風機高・低速・逆転運転，吐出ダンパおよび切換ダンパの開閉および単独-連動，自動-手動，火災感知器連動-不連動などの運転方式の切換えを中央から行なえるようにしている。

また，送風機が故障して残りの送風機だけでは風量が少なく換気効果が得られない場合は故障機と対応した反対車線側の送風機を故障機に代えて運転できる応援送風の切換操作および故障機の自動運転からの除外を中央からワンタッチ操作で行なえるようにしている。

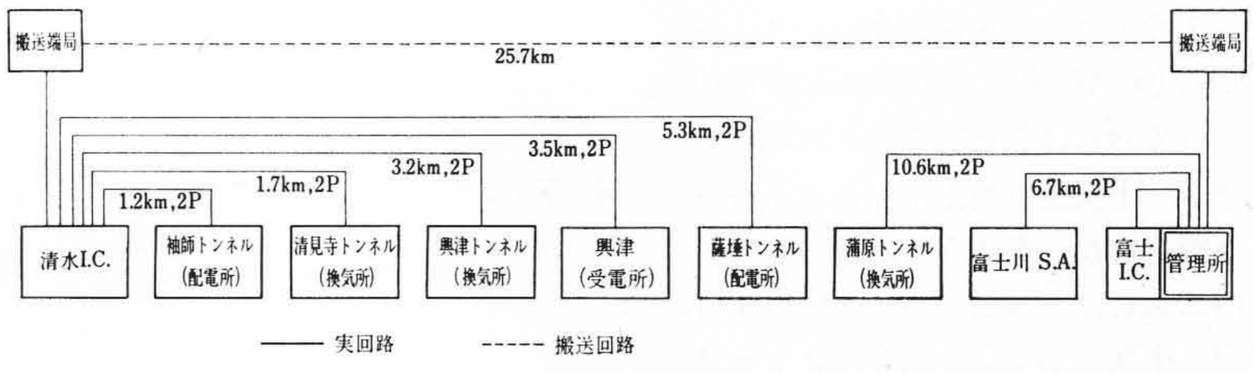


図6　伝送系統図

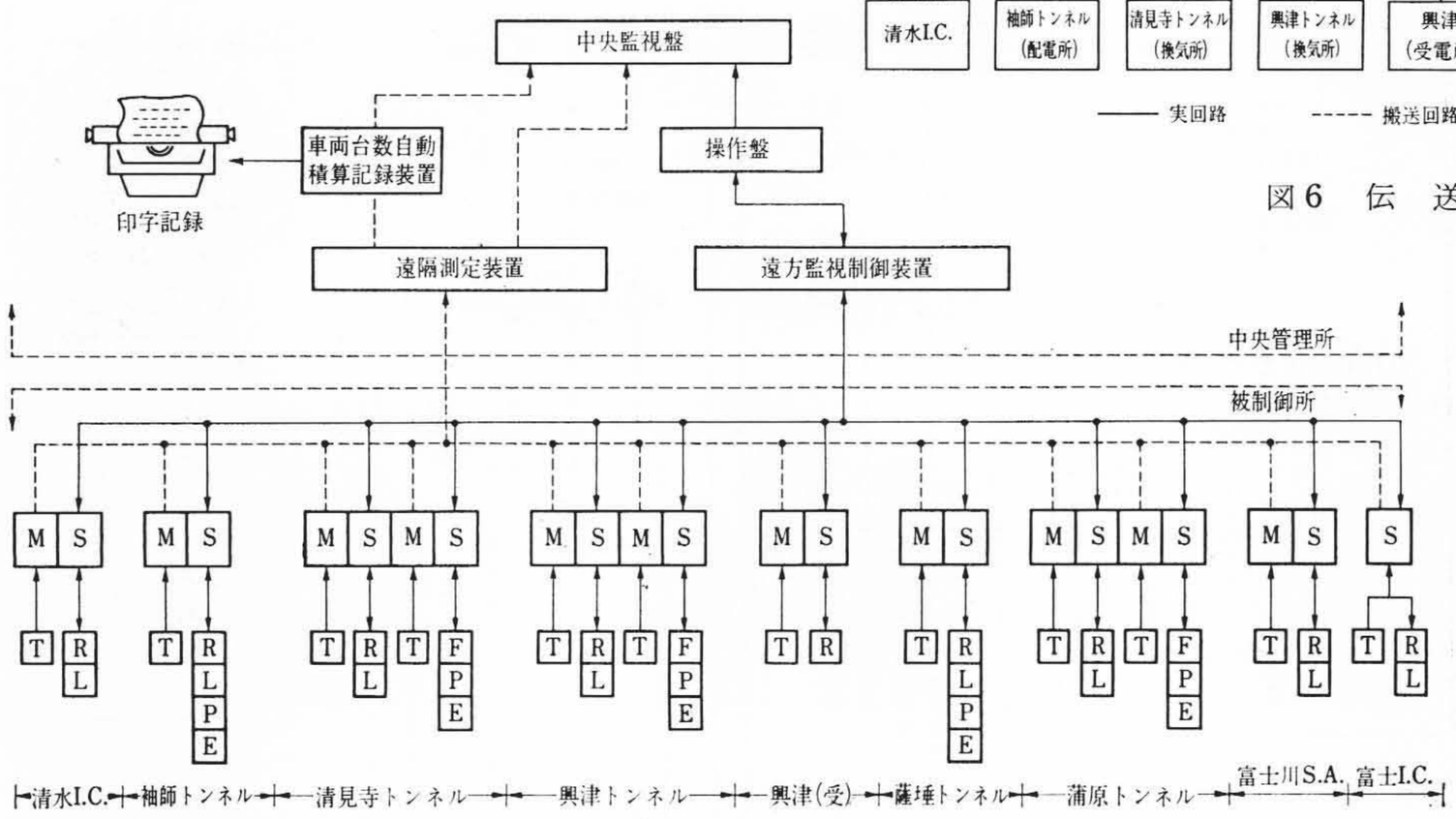


図5　集中制御ブロックダイヤグラム

このように中央からの制御は必要最少限にとどめ，装置の簡易化と保守の便宜を図っている。

監視項目は送風機の運転状態（高速，低速，停止，逆転）吐出ダンパ，切換ダンパの開閉状態（全開，中間，全閉）ノッチ段階（0～5，Eは火災時）制御場所，制御方式の切換，応援送風などの状態表示がある。また，故障項目はポジション数を少なくするためできるだけ一括表示として，詳細表示は現場操作盤および送風機機側盤に表示するようにしている。**表3**は一例として興津換気所の換気設備の遠方監視制御項目を示したものである。

3.2　受配電設備および照明設備の遠方制御

受配電設備の運転は停電時の自家発自動起動を除けばすべて手動操作である。

中央からの制御は受電しゃ断器，配電線しゃ断器，変圧器一次側しゃ断器の開閉のみとし，表示はしゃ断器の開閉状態と短絡，地絡変圧器，直流電源，所内故障にまとめて一括表示されている。

自家発設備の制御は自動手動切換，運転停止，自家発しゃ断器の開閉で，これらの状態表示と自家発故障表示が行なわれる。

照明設備は入口照明，内部照明，道路照明の3グループに分けられ，それぞれ自動点滅装置によりトンネル外部の明るさに応じて自動点滅を行ない，中央からはこれらの運転状態の監視と手動制御が行なえるようにしている。

表4は受配電設備の遠方監視制御項目を示したものである。

3.3　遠　隔　測　定

遠方制御を行なうためには，制御対象機器の運転状態をは握しなければならない。そこで，換気設備についてはVI量，CO量，車両台数，送風機の回転数また，受配電，自家発，照明設備については各部の電圧および電流の遠隔測定を行なっている。

遠隔測定方式はすべて搬送式として，遠方制御用回線を共用して伝送している。VI量，CO量は常時計測とし，そのほかのものは選択計測として，指示計の数を少なくし，保守を簡単にしている。

表5は遠隔測定項目を示したものである。

3.4　中央管理所設置機器

図7は富士中央管理所に設置された系統盤，制御盤，車両台数記録装置である。系統盤は一目で全系統の運転状況がわかるように実際の機器配置と相似に模擬機器を配置している。

各機器の運転状態および指示計は系統盤に表示されており，故障表示，操作場所表示，制御方式表示は各配電所単位にまとめてある。選択スイッチの配列も実際の機器配置に近い形にして，操作を容易にしている。

図8は富士中央管理所設置の継電器盤を示したものである。

4.　サイクリック式トランジスタ遠方監視制御装置

本装置は選択，操作，表示などの動作

表3　換気設備の遠方監視制御項目

項目	制御	表示	項目数	備考
換気操作場所	—	○	1	一括（遠方，直接）
換気自動手動切換	○	○	2	上下線別（自動，手動）
換気連動単独切換	○	○	2	上下線別（連動，単独）
風量段階調節（上り）	○	○	7	0 1 2 3 4 5 E各ノッチ別，Eは火災時
風量段階調節（下り）	○	○	7	0 1 2 3 4 5 E各ノッチ別，Eは火災時
送風機正転逆転切換	○	○	6	機器別（逆転）選択で電流回転数測定
送風機単独運転	○	○	12	機器別（高速，低速，停止），選択で電流回転数測定
応援送風	○	○	6	ダクト別（上り，下り，平常）表示のみ上下線別
自動逆転ロック	○	○	1	一括（鎖錠，鎖錠解）
吐出ダンパ運転	—	○	12	機器別，全開全閉別（全開，中間，中間，全閉）
切換ダンパ運転	—	○	18	機器別，全開全閉別（全開，中間，中間，全閉）
煙霧透過率低下	—	○	2	上下線別
一酸化炭素量過大	—	○	2	上下線別
送風機故障	—	○	8	（重，軽，1，2，3，4，5，6号）
吐出ダンパ故障	—	○	1	一括
切換ダンパ故障	—	○	1	一括
煙霧透過率計故障	—	○	4	機器別
一酸化炭素計故障	—	○	1	一括
合計	(50)	(100)	93	（）内は全実装のポジション数

表4　受配電設備の遠方監視制御項目

I.C.：インターチェンジ，S.A.：サービスエリア

設備		項目	制御	表示	富士 I.C.	富士川 S.A.	興津受電所	興津トンネル	薩埵トンネル	備考
受配電	トンネル	受配電操作場所	—	○			1	1	1	一括（遠方，直接）
		受電しゃ断器	○	○			1	2	2	機器別（入，切）
		配電線しゃ断器	○	○			4			機器別
		変圧器一次しゃ断器	○	○				3		機器別
		電源表示	—	○			1			系統別（入，切）
		インバータ運転表示	—	○				1	1	一括（入，切）
		高圧配電盤とびら状態	—	○			2	1	1	一括（開，閉）
		受電短絡	—	○			1			系統別
		受電地絡	—	○			1			系統別
		配電線短絡	—	○			1			一括
		配電線地絡	—	○			1			一括
		変圧器故障	—	○				1		一括
		直流電源故障	—	○			1	1	1	一括
		所内故障	—	○				2	2	一括（重，軽）
	I.C.	受配電操作場所	—	○	1	1				一括（遠方，直接）
		受電しゃ断器	○	○	1	1				一括（自動，手動）
		受電停電	—	○	1	1				一括（ただし，受配電と共用）
	S.A.	受配電故障	—	○	2	2				機器別（運転，停止）
		高圧配電盤とびら状態	—	○	1	1				機器別（入，切）
										機器別（重，軽）
自家発電	トンネル	自家発電操作場所	—	○			1			一括（遠方，直接）
		自家発電自動手動切換	○	○			1			一括（自動，手動）
		自家発電運転停止	○	○			1			一括（ただし，受配電と共用）
		自家発電しゃ断器	○	○			2			機器別（運転，停止）
		自家発電故障	—	○			1			機器別（入，切）
										機器別（重，軽）
	I.C.	自家発電操作場所	—	○	1					一括（遠方，直接）
		自家発電自動手動切換	○	○	1					一括（自動，手動）（ただし受配）
		自家発電運転停止	○	○	1					機器別（運転，停止）
		自家発電主開閉器	○	○	1					機器別（入，切）
	S.A.	自家発電故障	—	○	2					機器別（重，軽）
		直流電源故障	—	○	1					一括
照明	トンネル	照明操作場所	—	○				1	1	一括（遠方，直接）
		照明自動手動切換	○	○				1	1	一括
		内部照明	○	○				8	8	上下線別（昼，夜，深夜，消灯）
		入口増灯照明	○	○				10	10	上下線別（晴$_1$ 晴$_2$ 曇$_1$ 曇$_2$ 消灯）
		出口増灯照明	○	○						（上記入口増灯照明に連動）
		出入口道路照明	○	○				6	6	上下線別（夜，深夜，消灯）
		非常照明	—	○				2	2	上下線別
		照明故障	—	○				1	1	一括
	I.C.	照明操作場所	—	○	1	1				一括（遠方，直接）
		照明自動手動切換	○	○	1	1				一括（自動，手動）
		照明点滅	○	○	4	4				一括（全灯，調光，残置，消灯）
	S.A.	照明故障	—	○	6	4				系統別

表5 遠隔測定項目

I.C.：インターチェンジ，S.A.：サービスエリア

項目	選択，常時の別	被制御所 富士I.C.	富士川S.A.	薩埵トンネル	興津受電所	興津トンネル	備考
受電電圧	選択	1	1	1	1	1	
受電電流	選択	1	1	1	1	1	
受電電力量	常時	1	1	1	1	1	
発電電圧	選択	1			1		
発電電流	選択	1			1		
発電電力量	常時				1		
発電機運転時間	常時	(1)			(1)		表示ポジションを利用して制御所で積算
送風機回転数	選択					6	TGよりのAC微小電圧
ノッチ別運転時間	常時					(10)	表示ポジションを利用して制御所で積算
送風機電圧	選択					2	
送風機電流	選択					6	
照明電圧	選択			1		1	
照明電流	選択			1		1	
煙霧透過率	常時					4	DC 0～30 mV
一酸化炭素量	常時					2	DC 0～30 mV
車両台数	常時					4	無電圧無接地接点
火災感知機試験号機	選択					1	
計	常時	1	1	1	2	11	
	選択	4	2	4	4	19	

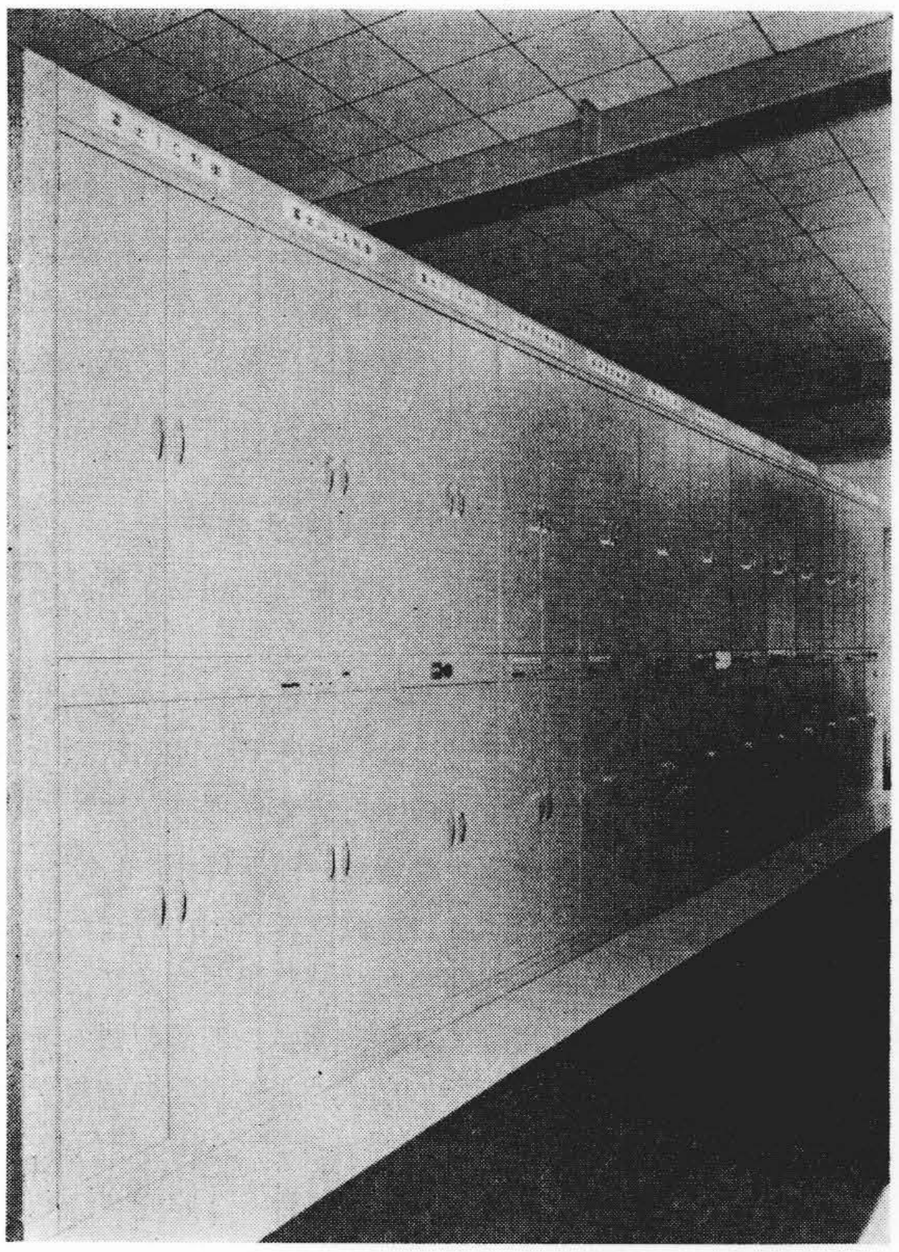


図8　富士中央管理所継電器盤

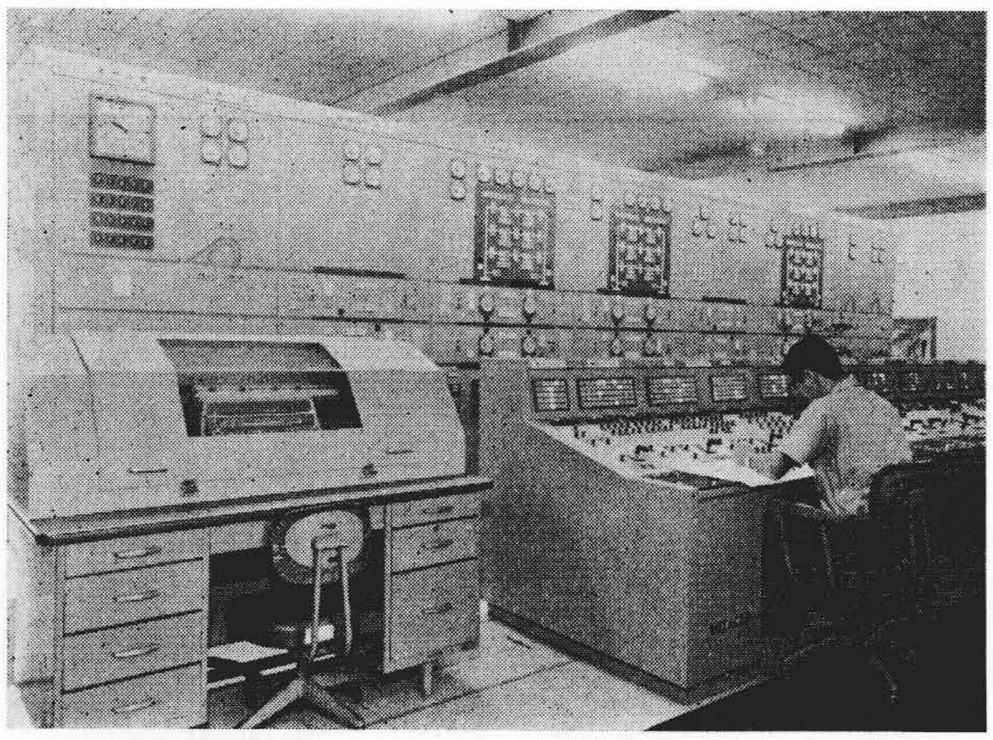
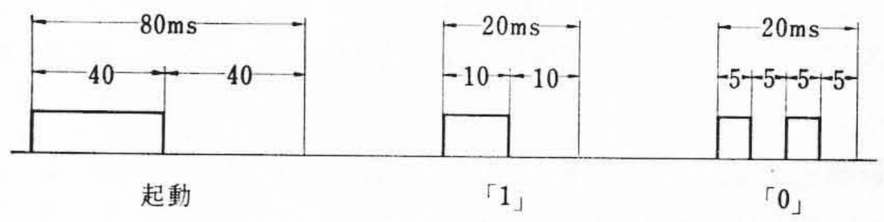


図7　富士中央管理所 系統盤，制御盤，車両台数記録装置



注：パルス長は200ボー伝送の場合を示す。

図10　単位符号

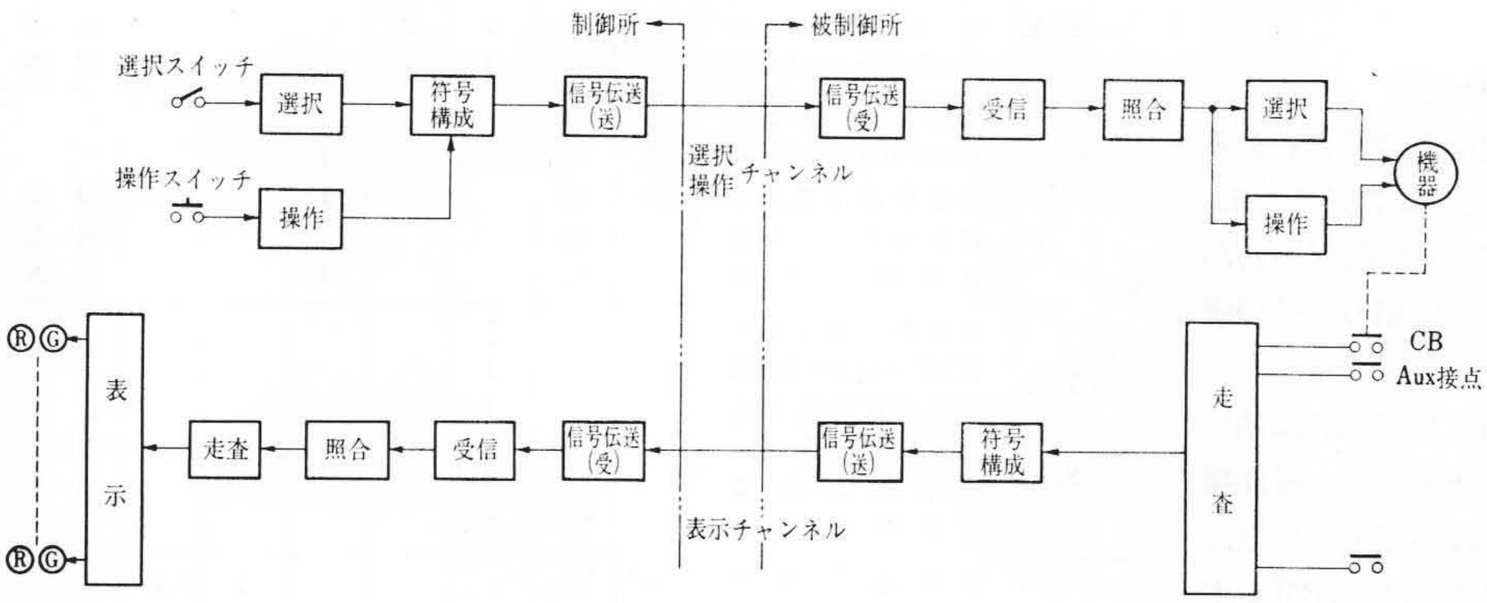


図9　サイクリック式トランジスタ遠方監視制御装置ブロックダイヤグラム

はすべてパルス符号によって行なわれ，200ボーのトーンチャンネル1往復チャンネルを使用して遠方の機器を任意に監視制御する。

図9は本装置のブロックダイヤグラムである。本装置の表示は操作と無関係に機器の表示を一定順序で走査し，繰り返し伝送するサイクリック方式によって行なわれ，操作はこれと独立した別のチャンネルを使い選択，操作する2挙動方式を採用している。また，本装置は回路をシリコントランジスタ化した無接点式遠方制御装置であるから，遠方の機器の迅速な操作が可能で操作のための選択時間は1ポジション1秒以下，また表示時間は100ポジション3.6秒以下である。

今回使用した100ポジション形の単位符号は図10に，選択・操作・表示用符号は表6に示すとおりである。

本装置は

（1） 原理的に信頼度が高く，誤操作のおそれがない。

（2） 動作速度が速く，迅速な監視制御ができる。

（3） 制御所からの選択操作と被制御所からの表示が独立しているので回路構成が簡単化され，保守が容易である。

（4） 装置が標準化され，各標準ユニットはそれぞれ互換性を持ち，増設移設が容易である。

などの特長がある。

4.1 機器の運転状態表示

常時サイクリックに走査して機器の運転状態を監視する方式で，被制御所では図11に示すように全機器の開閉状態を一定の順序に従って絶えず走査し，対応した開閉表示信号を制御所に送信する。

図12（a）は各群の符号の送信状態を示し，図12（b）は1群の符号構成の詳細を示している。

制御所では起動パルスの受信により，受信回路を起動させて，一連の符号を受信する。チェックとしては復符号チェックおよびパリティチェックを行ない，受信符号に誤りがなければ表示記憶回路に記憶される。もし被制御所の機器が自動状態変化すれば，制御所の表示が更新されたとき警報する。

なお，雑音により符号誤りを検出した場合，その信号はすてられるが，サイクリックに送信されているので次回の受信で新しい表示に訂正される。

4.2 制御所からの選択操作

制御所からの遠方操作は選択，操作の二挙動方式である。一例として図13により2群5番目の機器を「入」操作する場合について述べる。

表6 表示，選択操作符号

（a） 表示用符号の例

群 No.	符号			
1	0	0	0	0
2	0	0	0	1
3	0	0	1	0
4	0	0	1	1
5	0	1	0	0
6	0	1	0	1
7	0	1	1	0
8	0	1	1	1
9	1	0	0	0
10	1	0	0	1

	符号
入	1
切	0

（b） 選択，操作用符号の例

群 No.	符号				個別 No.	符号				
1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0
2	1	0	1	0	2	1	0	1	0	0
3	0	1	0	1	3	0	1	0	1	0
4	1	0	0	1	4	0	0	1	0	1
5	0	1	1	0	5	0	0	0	1	1
					6	1	0	0	1	0
					7	1	0	0	0	1
					8	0	1	1	0	0
					9	0	1	0	0	1
					10	0	0	1	1	0

	符号
入	0 1 1
切	1 0 1
3 位	1 1 0
選択中	0 0 0

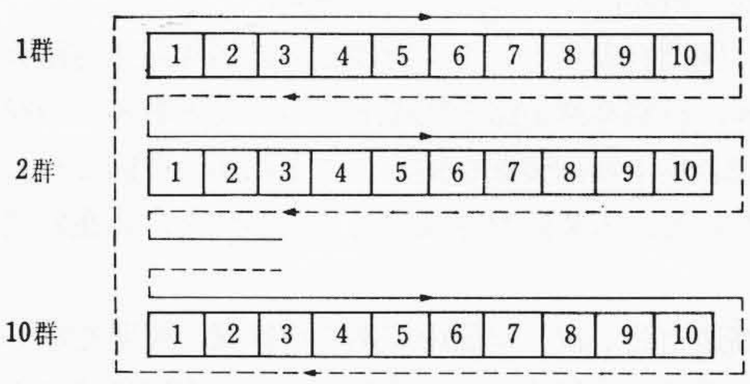


図11 ポジション走査図

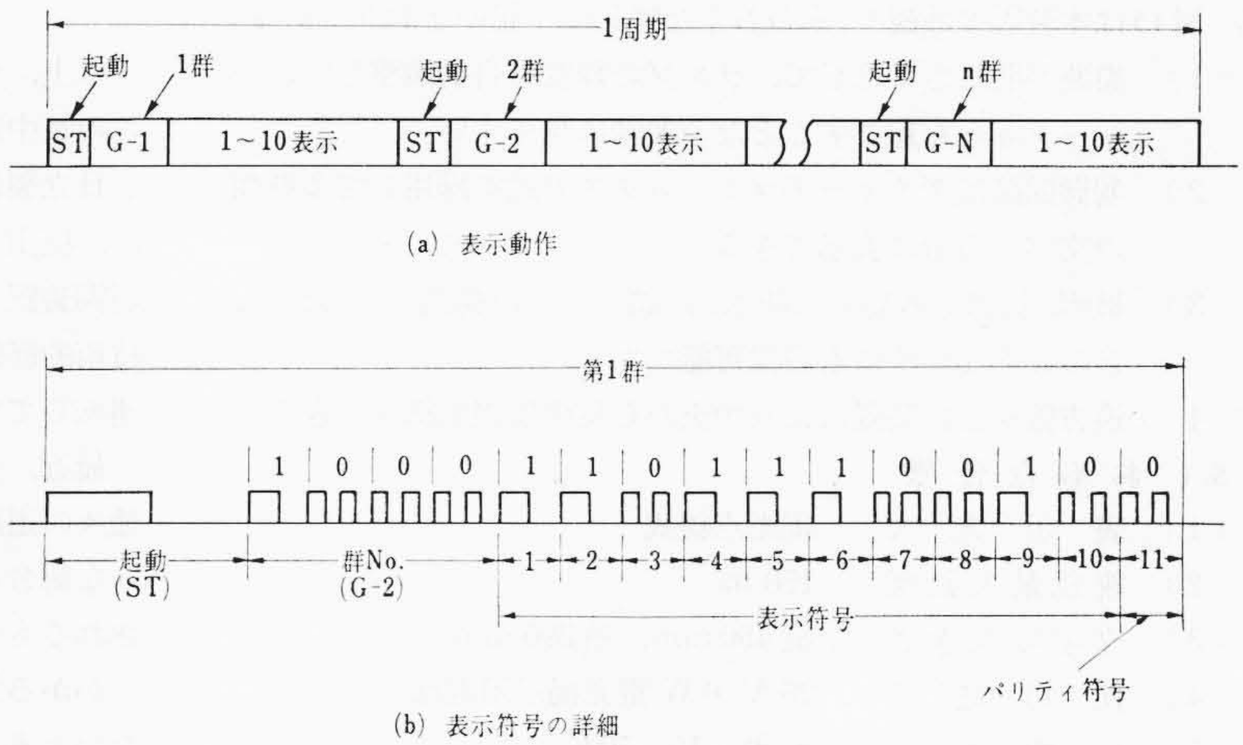


図12 表示符号

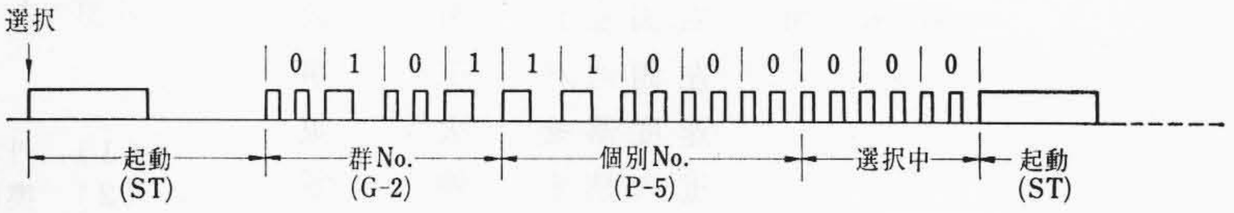


図13 2群5番目の選択

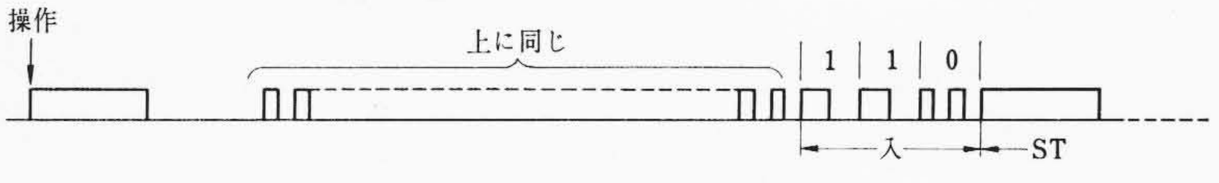


図14 同上選択後の操作

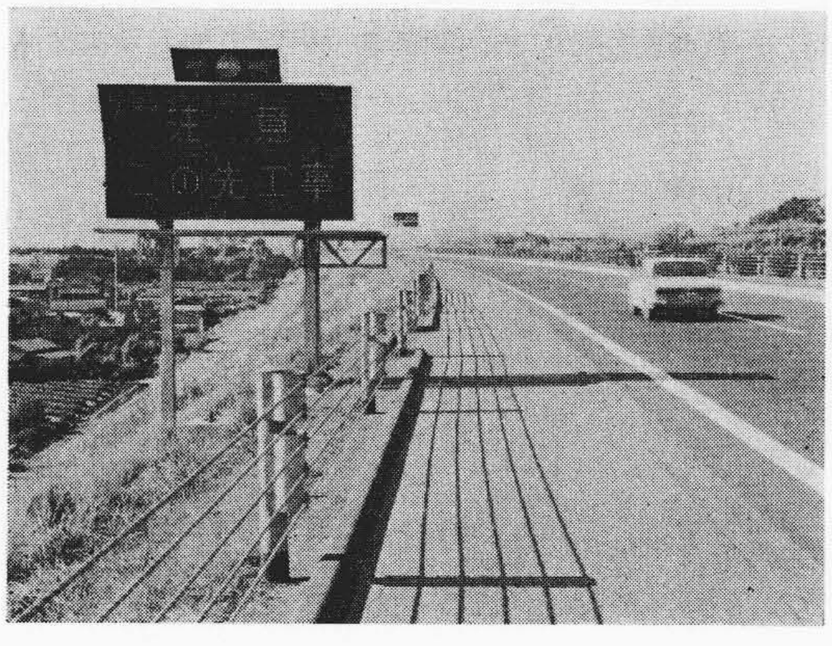


図15 電光掲示装置

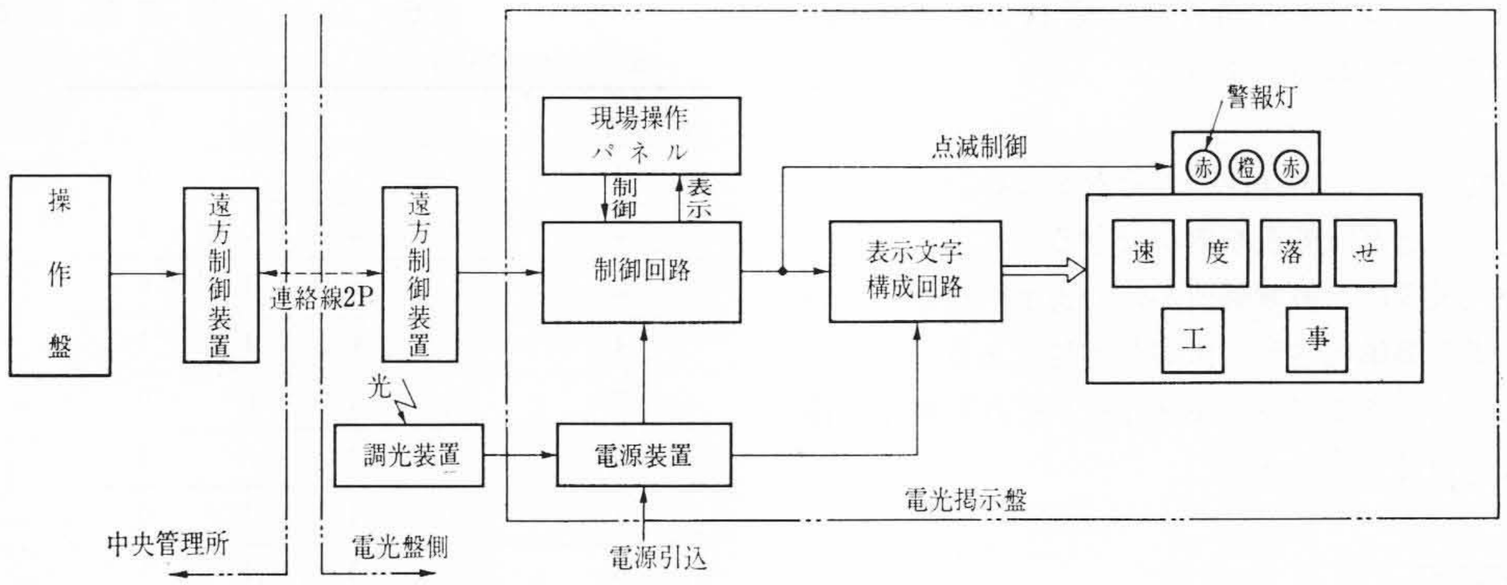


図 16　電光標識ブロックダイヤグラム

まず，制御所の選択スイッチを操作すると，制御所より起動パルスに引き続き，その機器に対して定められた群および個別符号が送られ，その後に選択中の符号が送られる。

被制御所では選択符号について復符号チェックおよび定マークチェックを行ない，正しければ選択回路が構成され，ポジションリレーが動作し選択が完了する。

選択確認後，共通操作スイッチを操作すれば**図 14** のような操作信号「入」が送信され，機器が操作される。この場合機器の応動表示は別チャンネルを使用して行なわれる。操作後，選択スイッチを元に戻せば選択は解除され，平常状態に戻る。

5. 交通管制用電光標識

自動車専用高速道路では交通量の増加と高速化のため災害や交通渋滞の発生が増加する傾向にある。これを解決するため電光標識により高速道路の気象，事故の発生および交通規制などの交通情報を運転者にすみやかに伝え，安全かつ円滑な交通を確保するものである。**図 15** は本装置の外観で，そのおもな特長は下記のとおりである。

（1） 周囲の明るさに応じて，ランプの輝度を自動調整して，ハレーションを起こすことなく非常に見やすい。

（2） 制御回路にダイオードマトリックス方式を採用して多種類の文字を自由に表示できる。

（3） 風雨，塩害を考慮した防水，防錆（しょう）構造であるから，どのような場所にも設置可能である。

（4） 遠方監視制御装置により中央から集中監視制御ができる。

5.1 おもな仕様

（1） 表示方式　電光点綴式

（2） 視認最大距離　150 m

（3） 文字の大きさ　縦 450 mm，横 390 mm

（4） 使用電球　26 V 6 W 電光掲示用電球

（5） 周囲条件　温度 −10～50℃
　　湿度　0～90%

（6） 表示内容

トンネル用	右側通れ	事故
	左側通れ	工事
	速度落せ	火災
	進入禁止	停電
インターチェンジ用	注意	この先工事
	本線通行止	この先事故
		この先渋滞

5.2 動作

図 16 は電光標識のブロックダイヤグラムである。

表示文字の変更などの操作は遠方制御装置による中央制御所からの遠方操作と電光標識の中にある操作パネルからの直接操作が可能である。文字の点灯方式はダイオードマトリックス方式である。表示文字が指定されると対応するリレーが動作し，表示文字構成回路の文字母線を選択する。文字母線にはダイオードを経由して各ランプが接続されており，そのランプが点灯して文字表示が行なわれる。

表示文字の明るさは周囲の明るさに応じて動作する調光装置により，昼夜の 2 段切換えを行ないランプに加わる電圧を自動調整して，ハレーションを防ぎ容易に確認できるようにしている。

また，電光標識の上部には視認最大距離の手前から標識のあることを運転者に知らせ，文字の判読しやすいように警報灯を取り付け，進入禁止の場合には赤ランプを，そのほかの場合には橙（だいだい）ランプを点滅する。

6. 結　言

以上，東名高速道路富士 I.C.～清水 I.C. 間のハイウェイシステムの集中制御方式の概要について述べた。

日立製作所では関門自動車トンネルをはじめ，名神高速道路天王山，梶山トンネル，首都高速道路千代田トンネルなど数多くの換気制御装置および総合集中制御装置を納入してきたが，今回これらの技術的経験を生かして，本装置を完成することができ，現在好調に運転している。

最近，全国に高速道路が続々建設中であるが換気，照明をはじめ種々の道路用電気設備を合理的に運転するためには本文に述べたような総合集中制御方式が不可欠のものであり，今後さらに広く適用されるものと思われる。

かかる意味から今後とも合理的な制御方式の開発に寄与していきたいと考える。

終わりにのぞみ，本設備の完成に終始ご指導いただいた日本道路公団静岡建設局のかたがたをはじめ，関係各位に深く謝意を表する次第である。

参考文献

（1） 丹羽，原田： 日立評論 **40**，（昭 35-9）
（2） 奥田，大東： OHM（昭 43-7）
（3） 電気協同研究会： 電気協同研究（第 23 巻第 3 号）