

世界貿易センタービル納
超高層ビル計算制御集中監視装置
Computerized and Concentrated Supervisory Control System
for World Trade Center Skyscraper

折 原 明 男* 中 野 修 一**
Akio Orihara Shuichi Nakano
伊 藤 昌 夫*** 豊 田 武 二**
Yoshio Itô Takeji Toyoda

要 旨

世界貿易センタービル納め、計算制御集中監視装置は、ビルの監視制御用として、本格的に制御用計算機を活用した最新式のもので、従来のビル制御装置に比べて機能がいちだんと向上している。

本文では、このシステムの構成や特長について述べる。

1. 緒 言

ビルの監視制御の業務では、電気および空調関係の日報記録業務が、かなりの割合を占めているのが一般であり、一部のビルでは従来から簡単なデータ・ロガーなどが採用されてきた。

最近のように、ビルが超高層化し床面積もふえて、管理保守の守備範囲が飛躍的にふえてくると、もはや、従来のデータ・ロガーのような単能的な装置では事足りなくなり、特に記録をはじめとする多種類の業務を同時に処理したり、あるいは制御方式も単なる起動停止に満足しないで、機器の経済運転にまで、立ち入ることが要望されるようになってきている。

これらの業務は、従来の制御方式を積み上げて実現することでも、不可能ではないかもしれないが、膨大な盤面積と煩雑な取り扱いを要求されることになるし、いったん作った装置を短期間の運転経験を採り入れて、さらに改良しようというような場面になるとフレキシビリティに乏しいため、致命的な欠点をさらすこととなる。

このような観点から、ビルの監視制御に制御用計算機を導入しようという考え方がでてきた。安定した運転と経済的な建設費の要求されるビルの分野では、導入に踏み切るのに慎重な検討を要したが、今回、建築主、建設会社、設計事務所を含めた企画グループの総合的な検討を経て、導入されたものである。

2. ビルの計算機制御のあり方

ビル監視制御の業務は、大きく分類すれば図1に示すようになる。すなわち、電気関係の業務と空調衛生関係の業務、防災関係の業務がその代表的なものである。

これまでの、この業務はそれぞれ専用の監視制御盤として構成されるのがほとんどであり、現在でも、管理形態の必要性から分離されているものもある。

本システムでは、これらの業務は一貫して取り扱う考え方を採っており、図1に示すように、保守管理、経済運転および防災運転の3本の柱が根底に考えられているのが一つの特長である。

集中監視するとは言っても、電気系統と空調系統および防災系統の間には、それぞれ画然とした区分はあるので、これらの運転が混乱しないよう、運転員に対する操作面では明確に分けて処理されているが、情報の処理は共通に行なわれて、なおかつその中で経済性を追求している点が本システムの特長である。

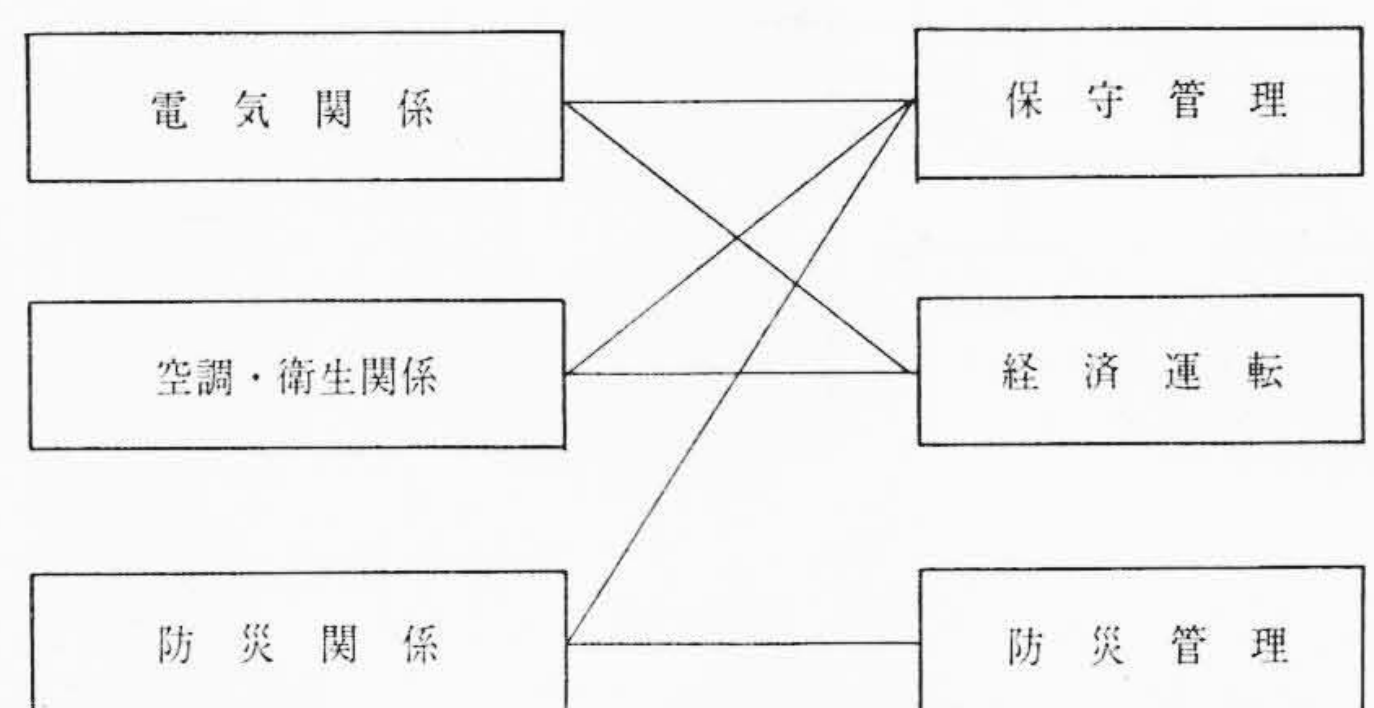


図1 ビル集中監視業務

したがって、本論文では、この種ビルの集中監視に当然必要な一般的装置については、簡単に紹介するにとどめて、計算制御することによって、初めて達成された制御内容を主体に記述し参考に供したい。

これらの制御を実施するにあたって制御対象となる主要機器は次のものである。

- (1) 受配電設備
- (2) 非常用ディーゼル発電設備
- (3) 昇降機設備
- (4) 冷暖房主機設備
- (5) 空調衛生関係設備
- (6) 照明関係設備
- (7) 防災関係設備

設備容量は受変電設備容量 1,500 kVA、負荷設備 1,600 kW という膨大なものになる⁽¹⁾⁽²⁾。

計算制御にあたっては、計算機からは比較的マクロに見た経済性を追求し、これに沿った最適制御を行ない、末端の機器はマイナの制御ループに任せる方式を採っている。またいかなる状況下でも運転が継続できるよう、二重のバック、アップが考えられており、集約監視盤からは、計算制御しない場合に手動によりすべての機器の運転を続行できるよう、便利に考えて製作されている。

3. 構 成

本システムの構成は図2に示すとおりである。

これらのシステムおよびその制御対象は、地上40階地下3階のビルに広がって配置されているわけで、その集中監視のシステムはいわば一つの地域社会の制御をどうするかという問題に等しいむずかしさを内蔵している。

図2に示すとおり本システムを大きく分類すると

* 株式会社日建設計

** 日立製作所大みか工場

*** 日立エンジニアリング株式会社

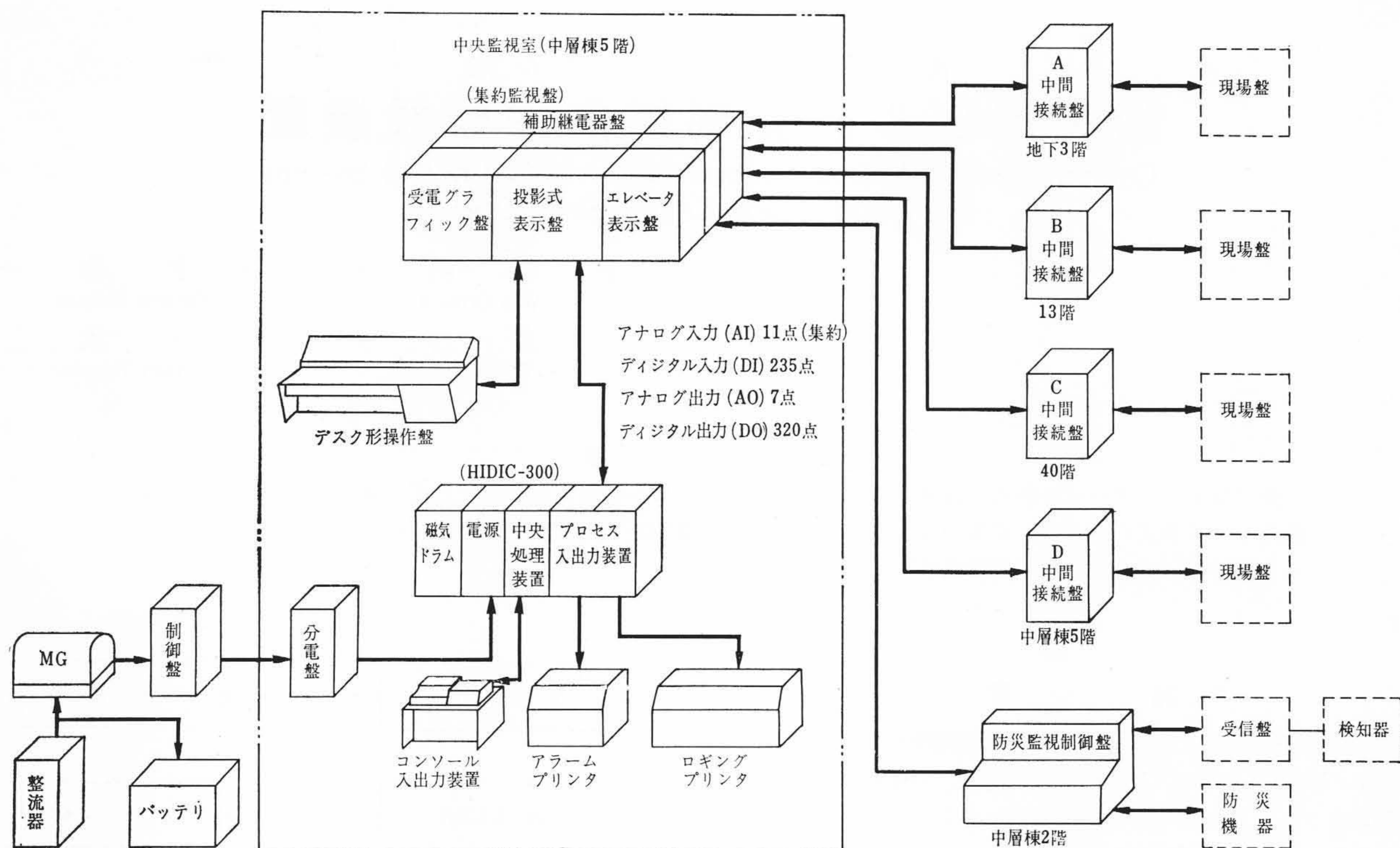


図2 計算制御集中監視装置構成

- (1) 計算機およびその周辺装置
- (2) 集約監視盤
- (3) 中間接続盤
- (4) 現場盤
- (5) 防災監視制御盤
- (6) 防災機器その他

から成っているが、本文ではこのうち(1)～(5)項について説明する。このシステムのもつ機能の詳細は次節で述べることにし、まず構成の概要を説明する。

3.1 計算機およびその周辺装置

今回のシステムでは、監視および制御の内容が、ほぼ1,000点近くになり、この膨大な情報の収集と、その有効活用を図り、かつ多種の業務の同時処理などを行なう必要性から、制御用計算機HIDIC-300と、その周辺機器から成る計算機システムを採用した。構成要素は図2に示すとおりであり、図3はその外観を示したものである。

計算機に対する業務処理の割込み要因が30個と多く、また1秒間に約5個のタスクを同時処理する時間的きびしさがあるため、システムプログラムとして、プロセスモニタシステムを採用し、すべてのタスクがその制御の下に合理的に動くよう工夫してこのネックを解消した。

これらの経験から超高層クラスの計算機ではH300(またはH100)以上の計算機⁽³⁾を採用しないとプログラム作成上、非常に負担がかかることが判明した。

本システムではコアメモリー8kW(サイクルタイム2 μ s)、磁気ドラム64kWを採用しているが、そのメモリーマップは図4に示すような構成となっている。

また、このシステムで処理している各業務の時間間隔を解析してみると図5のようになっており、最繁忙時間中に処理すべきプログラムのステップ数から総合的に判断したところ、加減算4 μ s以下の計算機を使用する必要があることがわかった。

3.2 集約監視盤

集約監視盤は図6に示すように、受電グラフィック盤、投影式表

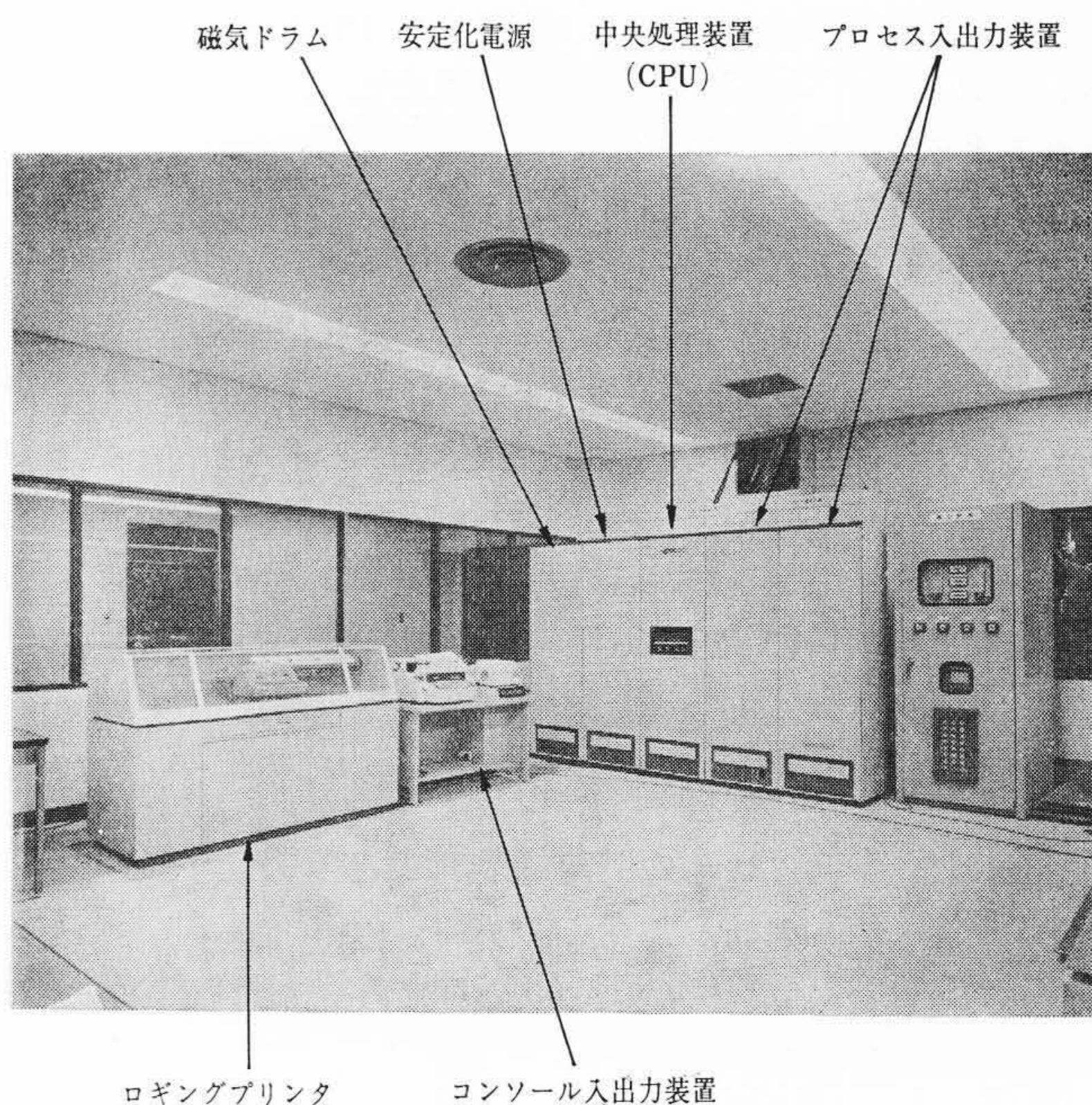


図3 計算機システム外観(中央監視室)

示盤、エレベータ表示盤、デスク形操作盤および補助リレー盤から成っている。これらの盤は、従来のものを使いやすさの点から考えて多くの改良が施されている。

3.3 中間接続盤

図2を見ても明らかなように、このように大きな超高層ビルを、取りまとめて制御するためには、能率のよい情報収集および分配をしないとハードウェアが複雑で膨大なものになる。

したがって中間接続盤は単なる端子盤ではなくて、一種の遠隔スキヤナおよびディストリビュータの働きをするもので、簡易スーパービジョンともいえるものである。中間接続盤と集約監視盤の間のケーブル本数を1/10程度に減らすため、X-Y選択回路を採用して

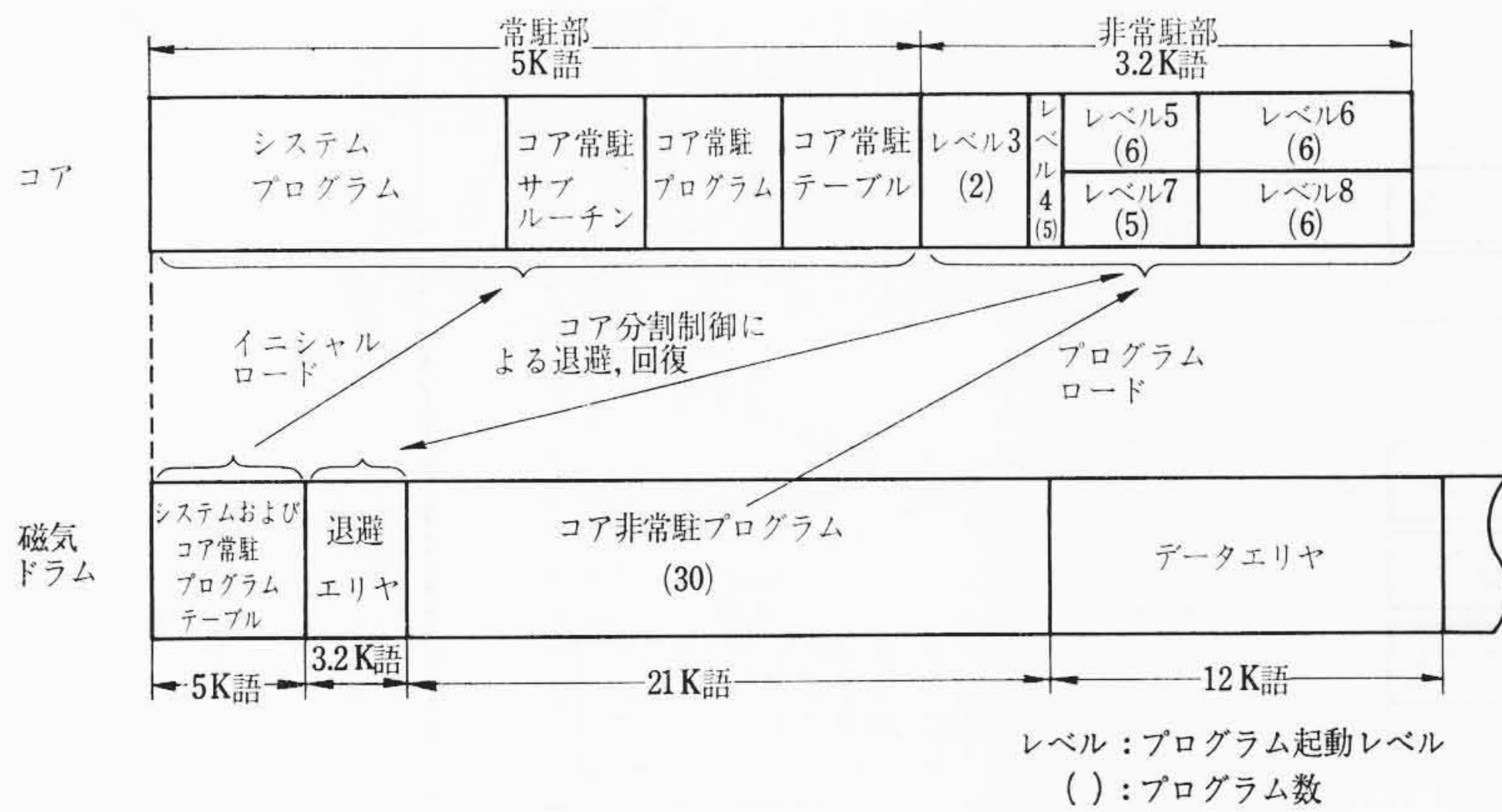


図4 コアおよび磁気ドラムマップ

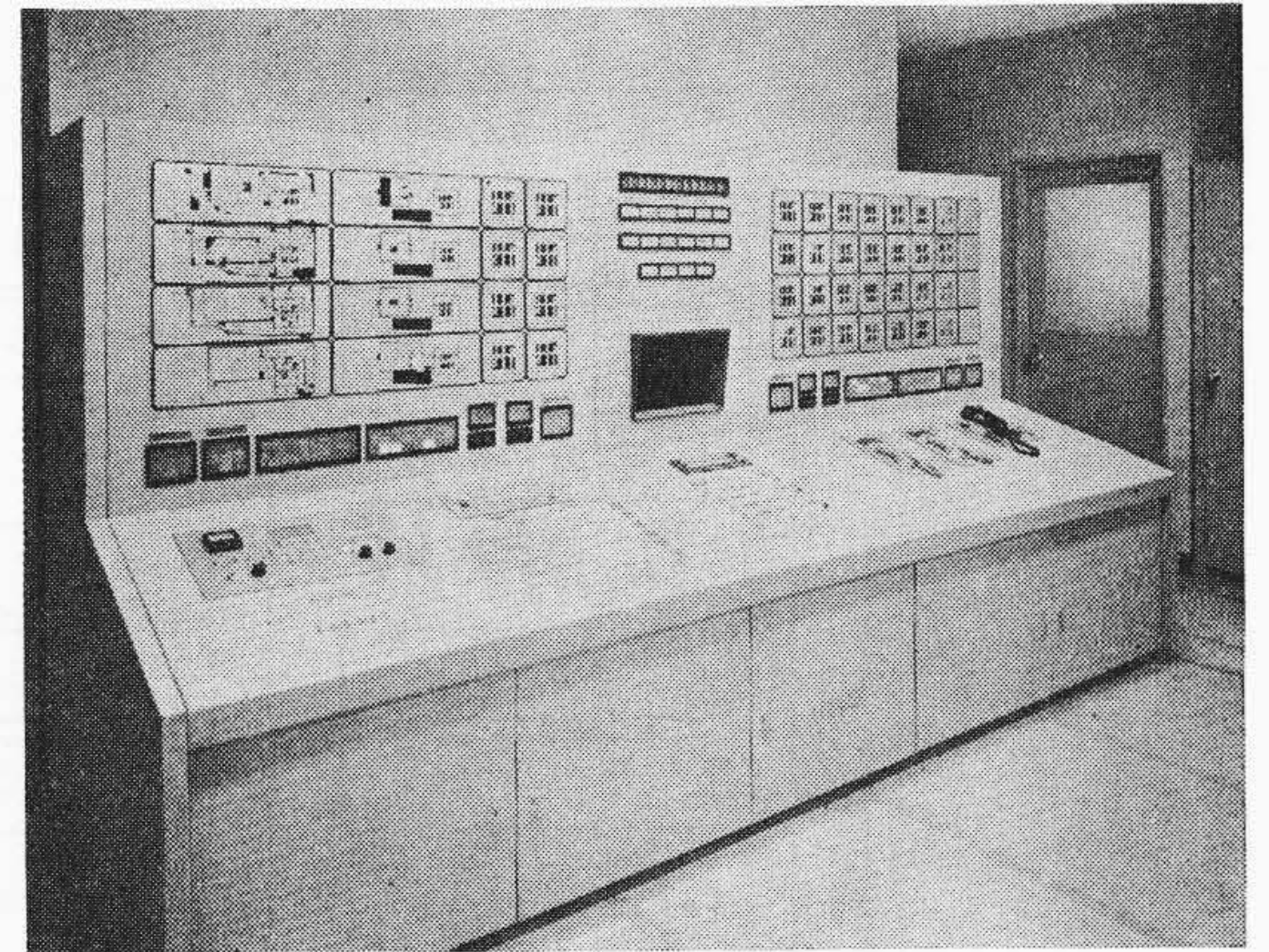


図7 防災監視制御盤

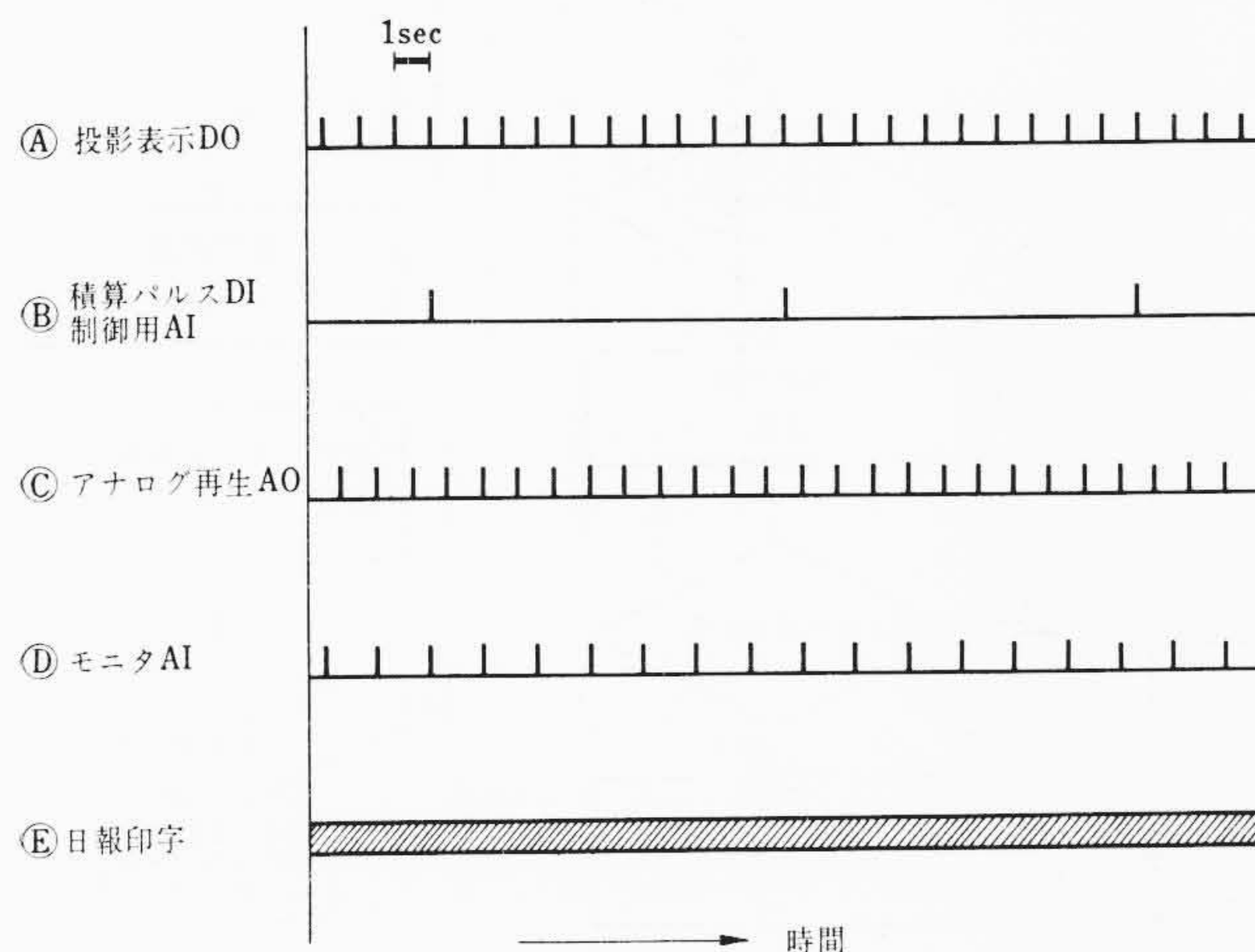


図5 プログラムの並行処理

いる。

3.4 防災監視制御盤

本システムでは防災関係を重要な業務と考えているため、制御システムを簡潔明確な形とするよう独立させており、表示も図7に示すように防災盤だけでもじゅうぶんわかるようにしてある。ただし、重要な表示情報はすべて計算機システムへ導入し、総合判断できるようにしてある。

4. 機能

ここでは、まず計算機を採用して達成した本システムの主たる機能を述べ、そのあとで受配電、防災管理について述べる。

図8は本システムの機能を要約したソフトウェア機能図である。

4.1 監視

(1) 監視内容

ビルにおける集中監視の目的は、従来のアナログ計器の代わりに、自動監視することにより、保守員の労力を節減するとともに、盤の占有面積を減らすことにある。

今回の計算機による監視対象は空調、衛生関係の温度、湿度、圧力、液面などの異常監視、機器故障および火災である。このうち、異常監視はクリティカル・アラームとモニタ・アラームに分けられる。

クリティカル・アラームは異常発生すれば直ちに警報する必要がある重要な個所に適用される。約160点について検出器側に上下限接点を設け、これが閉成すれば計算機へ割り込みをかけスキャンを開始する。割り込まれるまでは、計算機はブラインド運転で

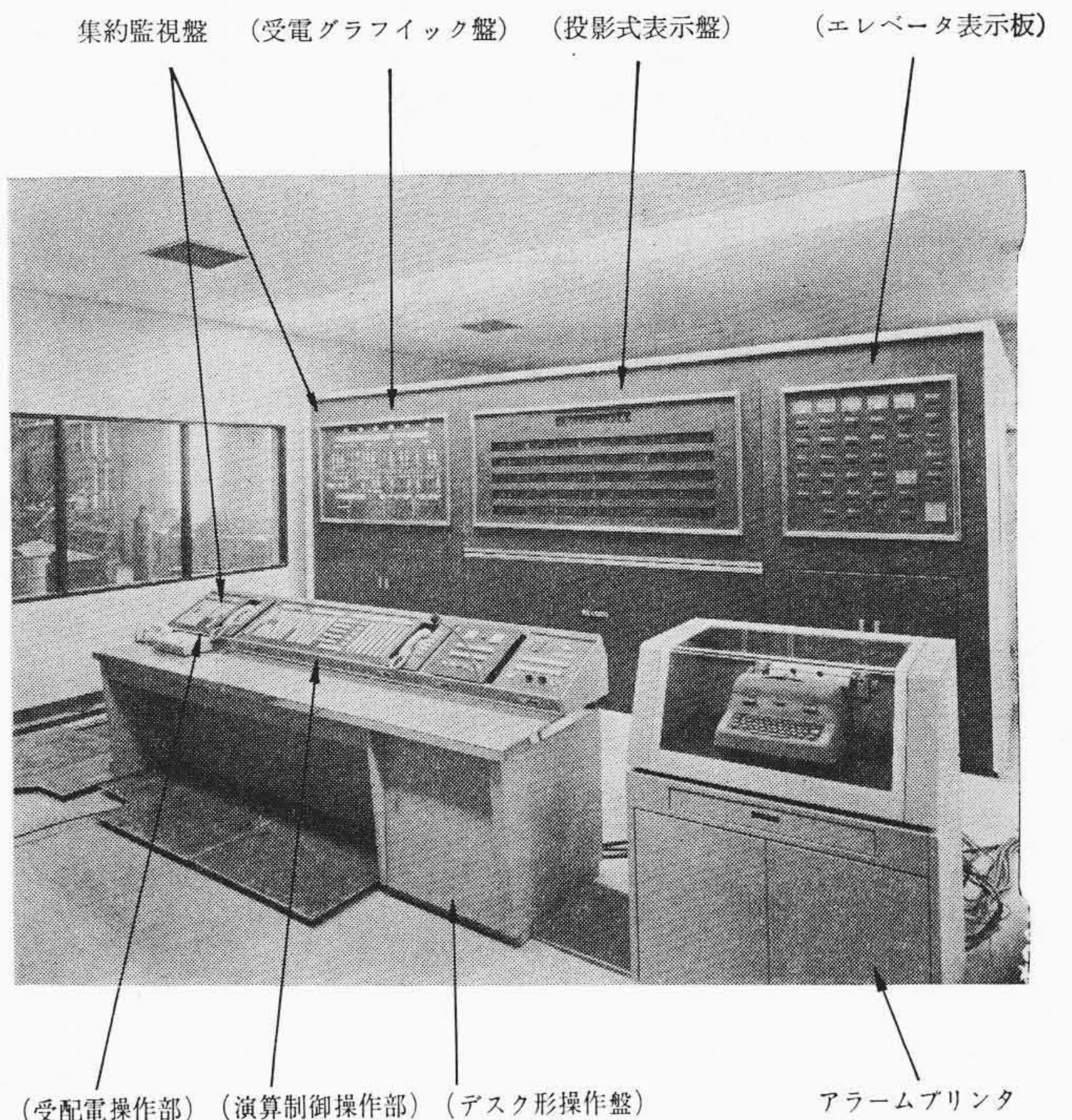


図6 集約監視盤(中央監視室)

きるので処理時間をほかの業務にふり向ける余裕ができる。一方、モニタ・アラームは余裕のあるものに適用するもので、あらかじめ上下限值をメモリーし15分ごとにスキャンして比較し警報する。機器故障、火災は約400台の機器の故障発生、51個所の火災発生についてクリティカル・アラームを行なっている。

(2) 選択方式

監視対象の数が非常に多いので検出器からの信号を1:1で計算機に入力すればケーブル本数が膨大になり工的事上問題となる。このため図9に示すようにX-Y選択とし、監視用アナログ入力も2点とし、変換器の数も大幅に減らした。なお、自動スキャン中にデスク形操作盤から手動により計測、状態呼出し表示を優先的に行なうこともできる。これらの関連は図10のフロー図に示すとおりである。

(3) 投影表示

本システムでは1,000点以上の故障および状態表示を行なう必要があり、しかも少ない表示面積で豊富な表示内容とするように要望されている。

これを実現するため投影式表示システムが採用された。表示窓は図6に示すように1行21窓で5行であり、1情報は1行に表示

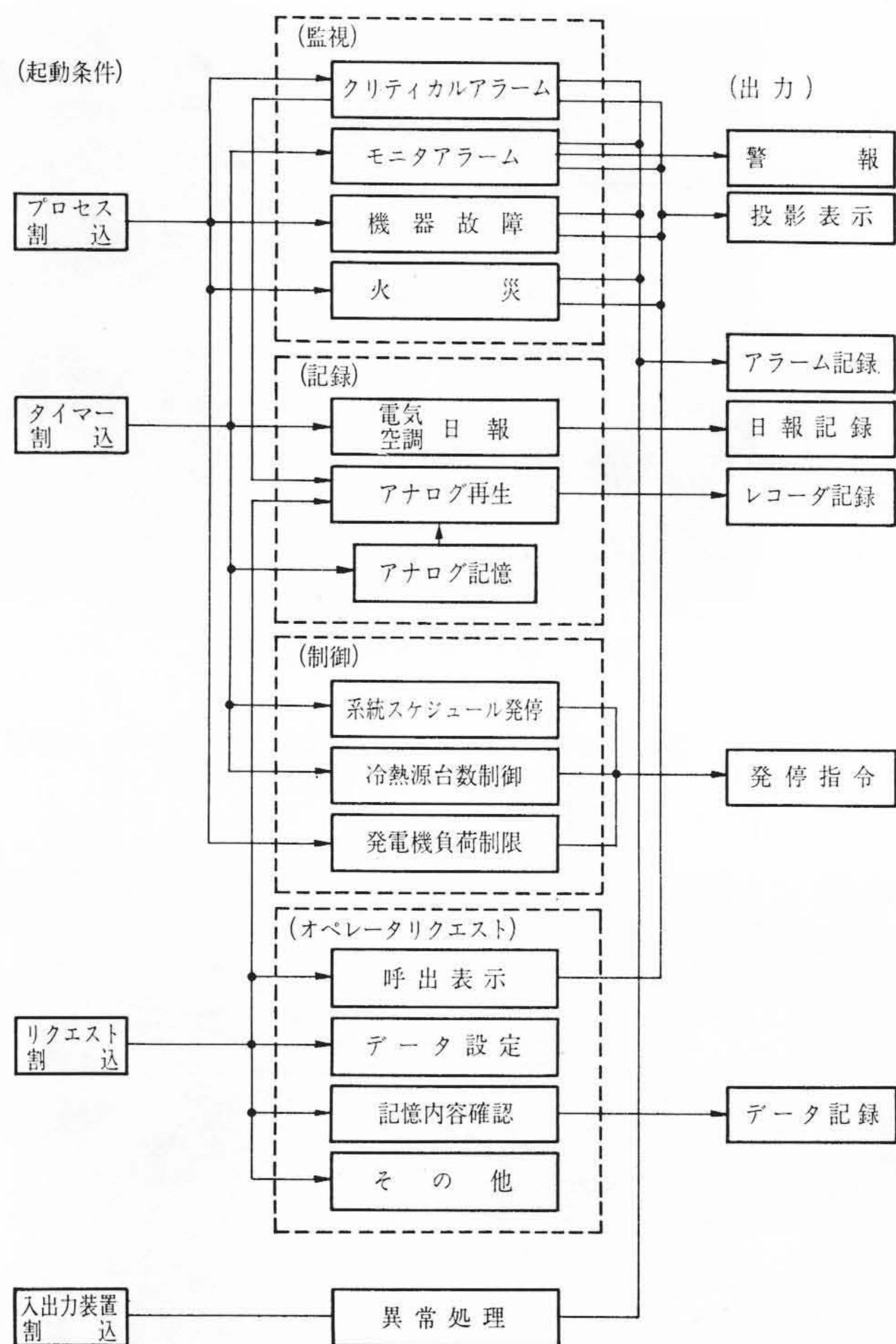


図8 ソフトウェア機能図

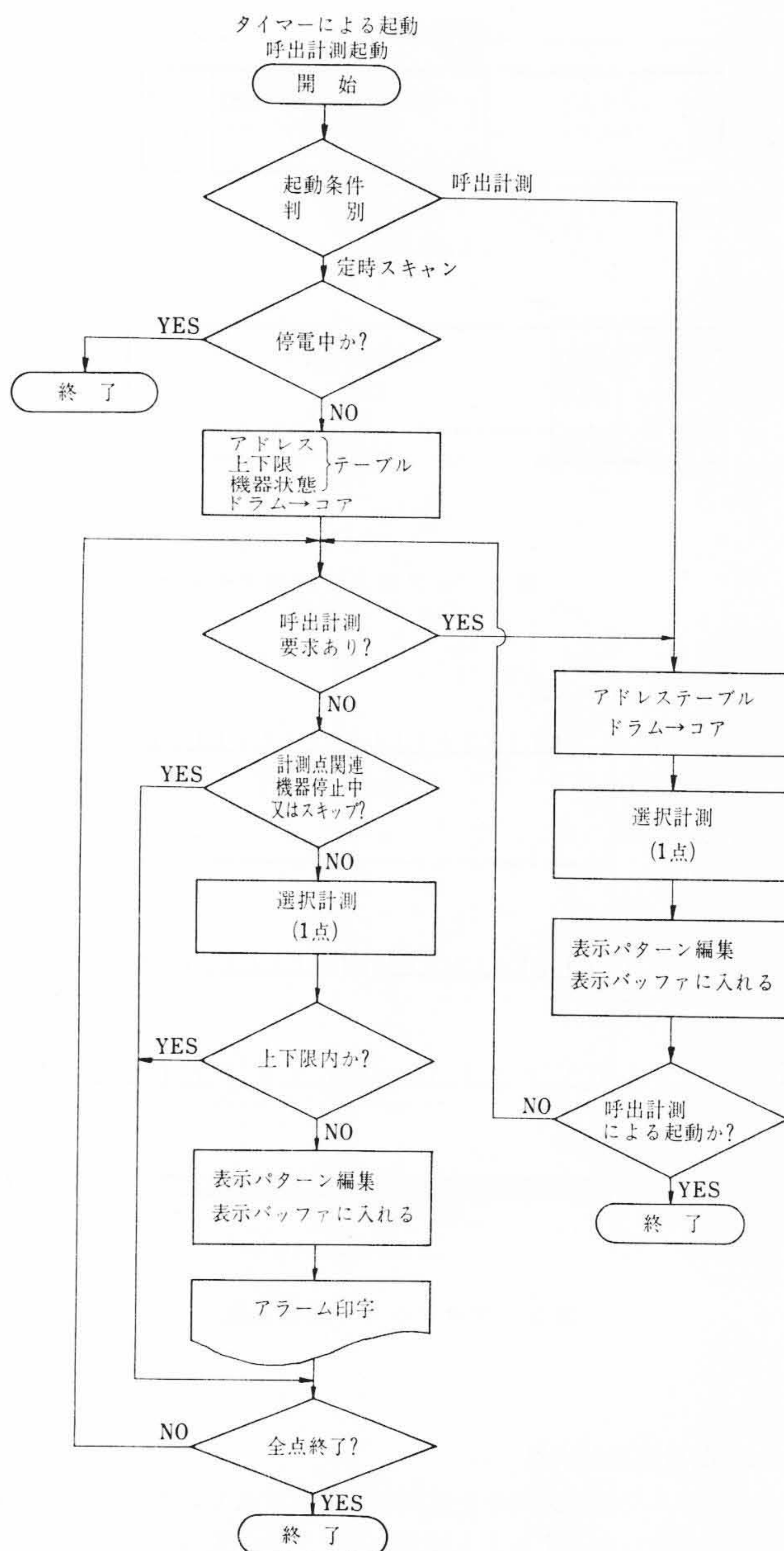


図10 モニタプログラムフロー図

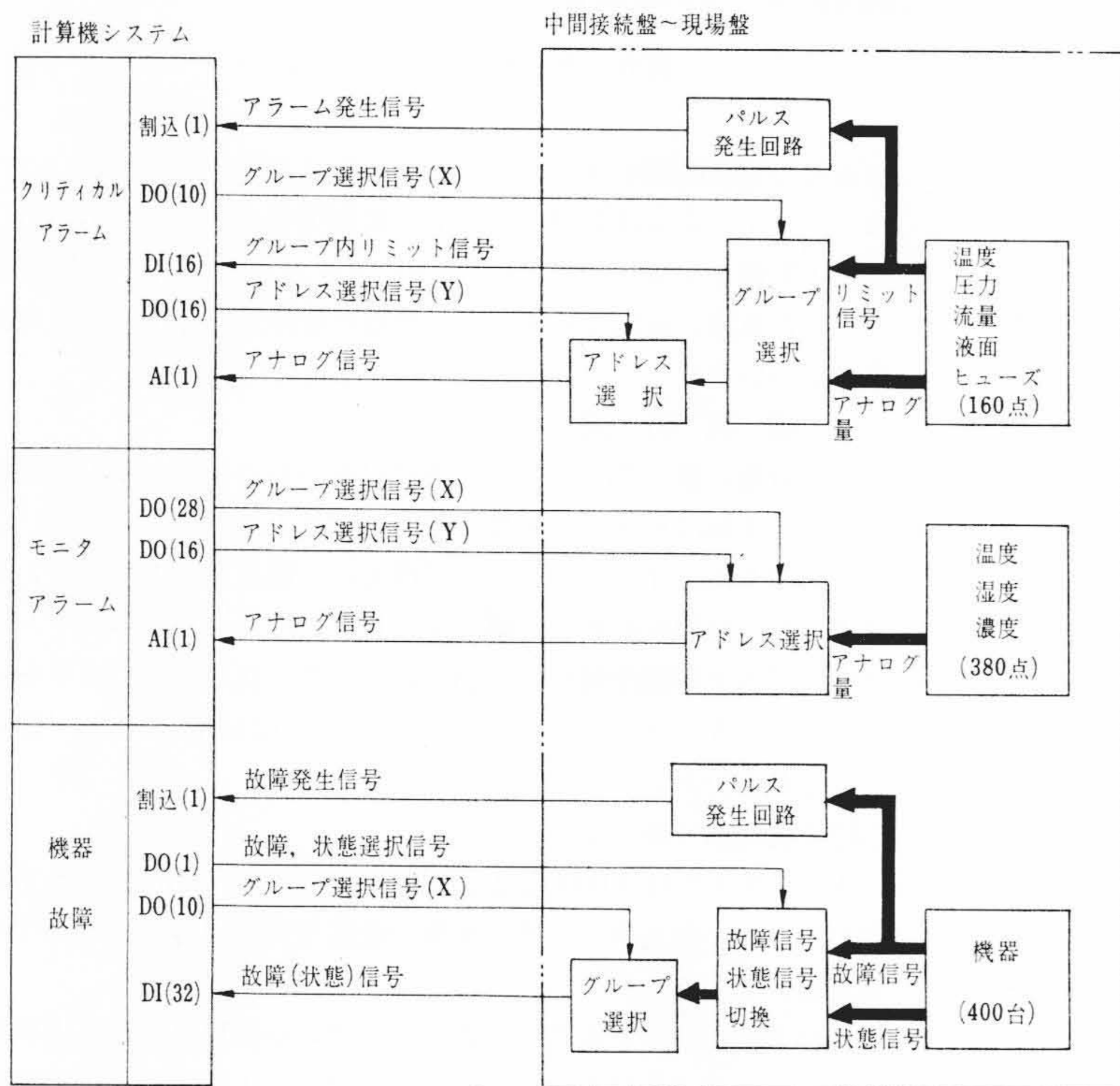


図9 選択方式説明図

される。なお異常が多発して5行全行表示しても表示し切れない場合はオーバーフロー警報する。表示リセットで全表示をクリアすれば表示できなかったものを第一行から表示する。このため、計算機はコアメモリーに50情報までメモリーできる表示バッファエリアを備えている。

4.2 記 録

記録業務は、ビル保守監視業務のかかなりの部分を占めているが、これを機械化すれば、記録の誤りや、記録忘れによる時間ずれなどをなくしてデータの信頼度があげられる。今回はこれらの目的を達するため以下に示すような業務を計算機で行なわせた。

(1) アラーム記録

異常の場合は時刻、異常種別、発生個所番号をアラーム・プリンタに赤字で記録する。

(2) 日 報

多数の計測点の中から任意選択した電気関係20点、空調関係20点の日報を1時間ごとにロギング、プリンタに印字する。

(3) アナログ再生

従来から、ビルの運開前の調整段階および運開後の最適調整あるいは事故分析の手段として複数点の計測量の相互関連を調べる必要性がいわれていたが、今回24量を6分間隔で磁気ドラムに記憶し、指令により過去12時間分のデータをアナログレコーダに再生するようにした。

4.3 制 御

最近、ビル運用に関連する主機および補機の性能と信頼性が向上してきたため、あらかじめプログラムを計算機にたくわえ、人間はキーロックしたままの形で運転できるようになってきた。このため本システムでは以下に示すように思い切った自動化を採用し、人為的な誤操作の防止、経済性の向上と省力化を実現した。

(1) スケジュール発停

空調、衛生関係の機器(約400台)および照明について、79の連動システムを構成し、計算機はこれらシステムの平日、土曜、日曜(祭日)、月曜(祭日翌日)の4種の発停スケジュールを記憶し、毎日該当スケジュールを自動的に選択して定刻の発停をする。集約監視盤は系統内機器の運転順序、始動タイミングを任意に設定できる系統構成装置を有しており、上記計算機からの系統発停信号により系統内機器の個々の発停を行なうようにしてある。計算機は系統発停指令後一定時間において系統状態の取込み結果を確認し、指令どおり実行されなかった場合は投影表示、アラーム印字などの処置をする。

(2) 冷熱源台数制御

冷熱源の台数制御は、ビル機器設備で運転経費の節減効果が最も期待されるもので、冷凍機、ボイラについて最適台数制御を行なうようにした。

系統発停による起動後、図11のタイムチャートに示すような自動シーケンス運転を経て台数制御に移行するようにする。

冷凍機は図12に示す構成で、図の往水ヘッドと還水ヘッドの各温度、冷水流量を取り込み、下式によって所要冷凍容量 Q を計算し、容量に見合った最適の運転台数を指令する。

$$Q = K \{ l_1 (t_{11} - t_{12}) + l_2 (t_{21} - t_{22}) \}$$

K : 定 数

l_1 : A系冷水流量

l_2 : B系冷水流量

t_{11} : A系冷水入口温度

t_{21} : B系冷水入口温度

t_{12} : A系冷水出口温度

t_{22} : B系冷水出口温度

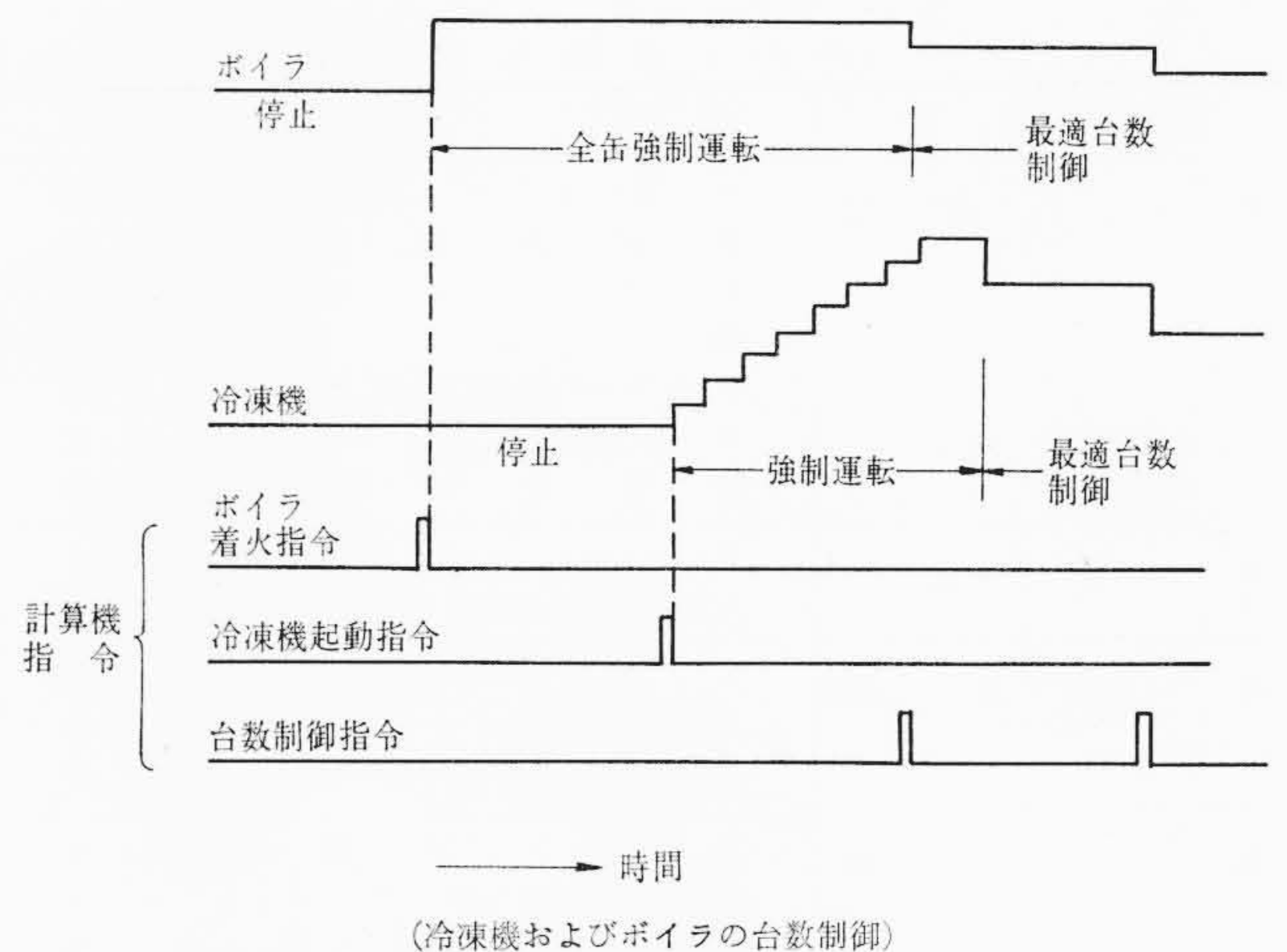


図11 熱源運転タイムチャート

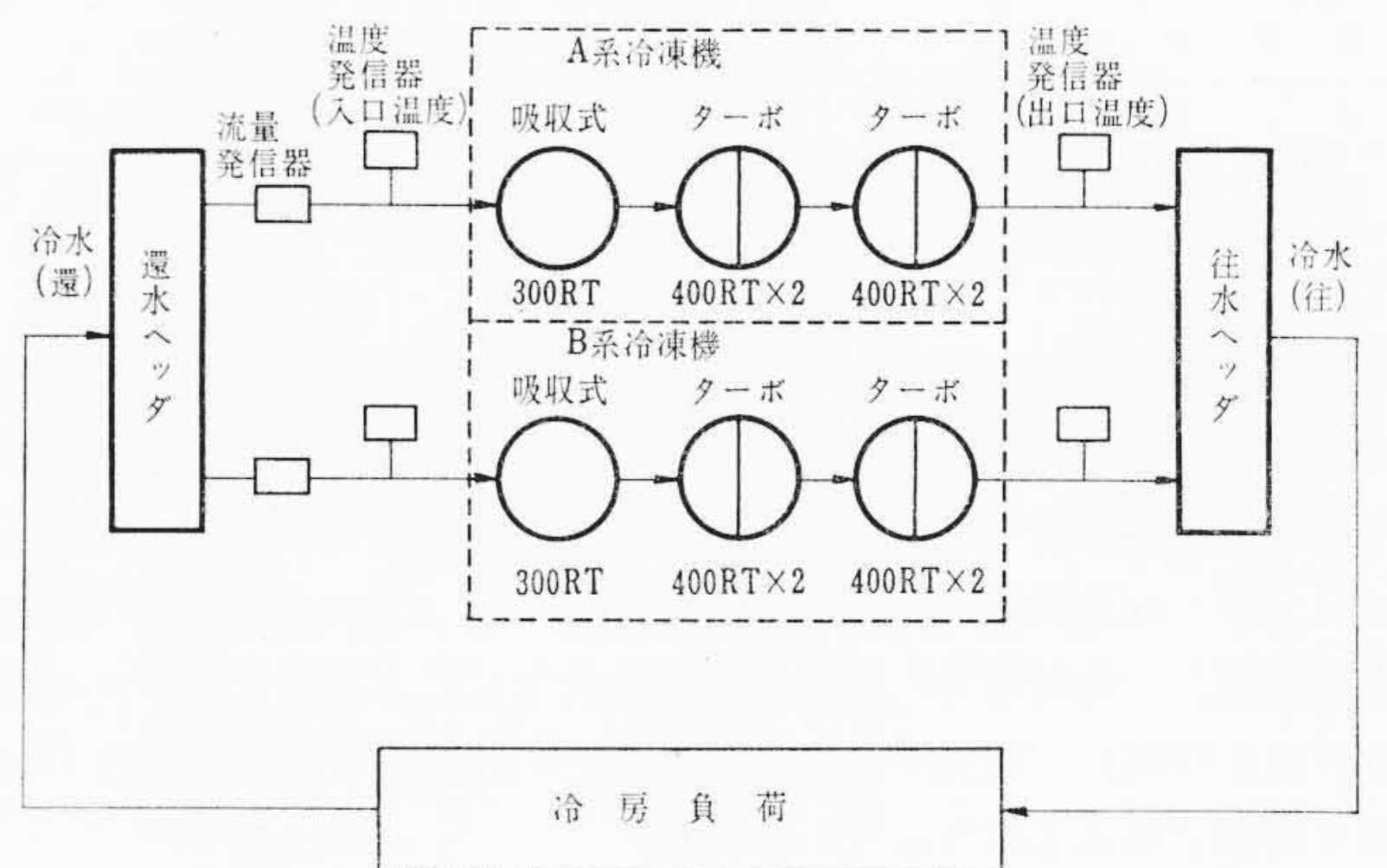


図12 冷凍機台数制御系統

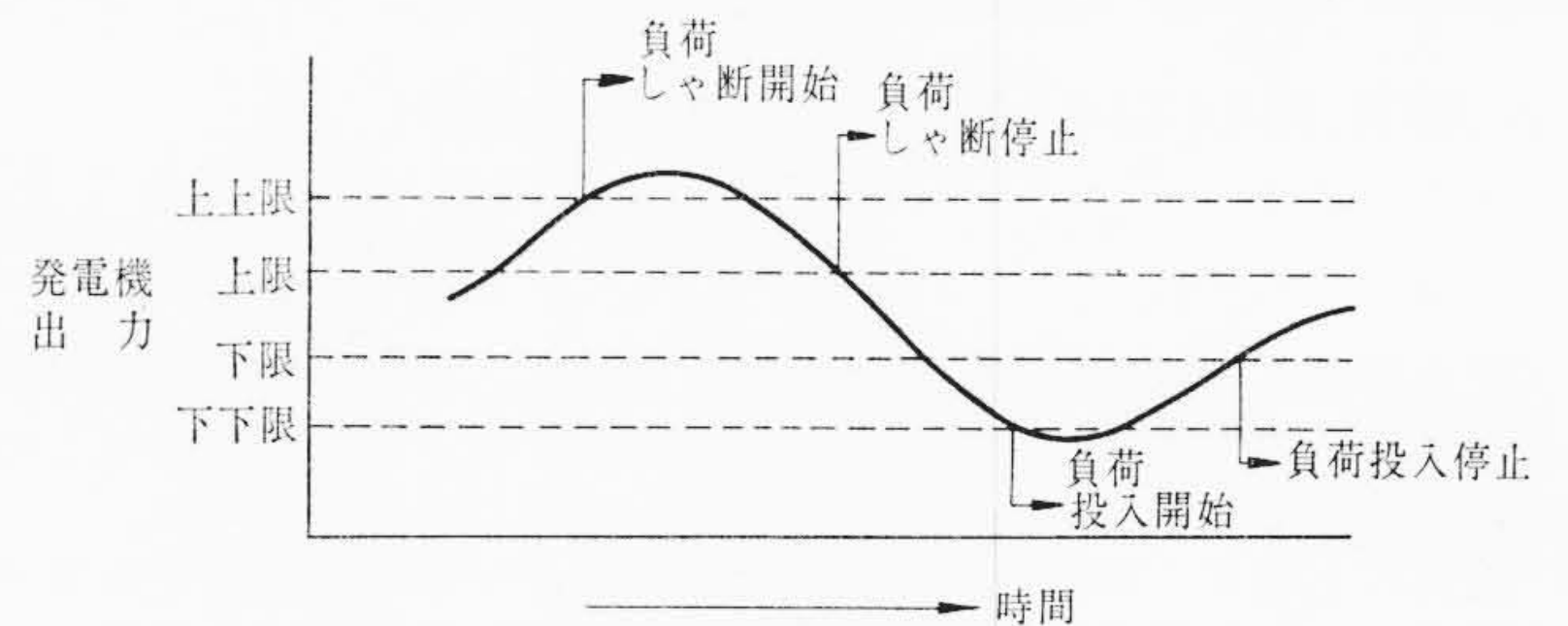


図13 発電機負荷制限説明図

ボイラは、蒸気ヘッドの圧力を検出し、圧力を一定の範囲に保つように3缶(かん)の最適台数を指令する。

(3) 発電機負荷制限

ビルにおける自家発電機は、停電緊急時を対象としているため容量は限られている。したがって計算機の論理判断により常に最も緊急度の高い負荷を容量に見合せて投入し、低いものの負荷制限を行なわねばならない。これによって設備容量を減らすことができる。図13の制御特性が示すように時間の経過とともに刻々と変化する運転状況に追従して負荷を自動制御している。

4.4 オペレータ・リクエスト

計算機システムの日常の運用操作はすべてデスク形操作盤の演算制御操作部で行なわれる。そのおもな機能は表1に示すとおりである。

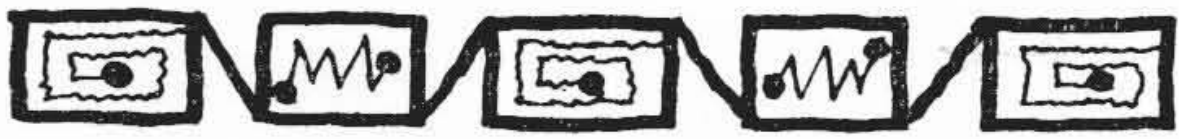
4.5 受配電監視制御

受配電系統にはスポット、ネットワーク方式を採用しており電源

表1 オペレータ，リクエスト
(デスク形操作盤)

操 作 項 目	内 容
デ ー タ 設 定	モ ニ タ 上 下 限 値 設 定 系 統 発 停 時 刻 修 正 タ イ マ ー 時 刻 修 正 曜 日 設 定 ア ナ ロ グ 再 生 関 係 ア ド レ ス 設 定 日 報 関 係 ア ド レ ス 設 定 積 算 量 初 期 値 設 定
ス キ ッ プ 設 定	クリティカル，モニタ，電気日報等のアナログ 入力スキップ点設定
呼 出 表 示	ク リ テ ィ カ ル ・ モ ニ タ 選 択 計 測 系 統 ， 機 器 状 態 選 択 表 示 積 算 量 選 択 表 示
記 録	ア ナ ロ グ 再 生 指 令 系 統 発 停 ス ケ ジ ュ ー ル 任 意 時 日 報 印 字 各 種 テ ー プ ル 印 字
当 日 設 定 リ セ ッ ト	操作盤から設定した系統発停時刻修正をリセッ トする
表 示 リ セ ッ ト	投 影 表 示 リ セ ッ ト
テ ー プ 入 力	各 種 デ ー タ テ ー プ 読 取 り 指 令
ス キ ャ ン 指 令	クリティカル，機器故障スキヤニング手動指令

の信頼性，安定性を高くしている。また，しゃ断器などの機器の遠方操作にはXY選択方式を採用し，デスク形操作盤の受配電操作部からその操作を行なっている。機器の状態は電気グラフィック盤上のシンボルの点消灯，フリッカなどで示すようになっている。電流，電圧，電力，無効電力，電力量，周波数などには選択デジタル表示方式を採用し，電気グラフィック盤上に計器シンボル点灯とあわせて表示するようになっている。



特 許 の 紹 介



特許 第552105号 (特公昭42-6969号)

町 田 金 重・是 石 安 喜

鋼 塊 転 回 装 置

この発明は，垂直形連続鋳造装置において，鋳型から連続的に引き出される鋳造体から切断された鋼塊を受け取り，かつ転回せしめて輸送装置上に送出する鋼塊転回装置を改良したものである。

周知のとおり，切断された鋼塊は相当大的な落下エネルギーを有するので，これを受け止める転回装置は堅ろうな構造とする必要がある。また従来の装置では，容器を転回し鋼塊を輸送装置上に送出するために，テーブルローラのローラピッチに合わせて容器の一部分を切り欠いているので，この切欠き部に鋼塊が引掛かったり，鋳込最終端の短い鋼塊は輸送装置上に搬出できない場合があった。

この発明は上記のような欠点を解消したもので，落下する鋼塊1

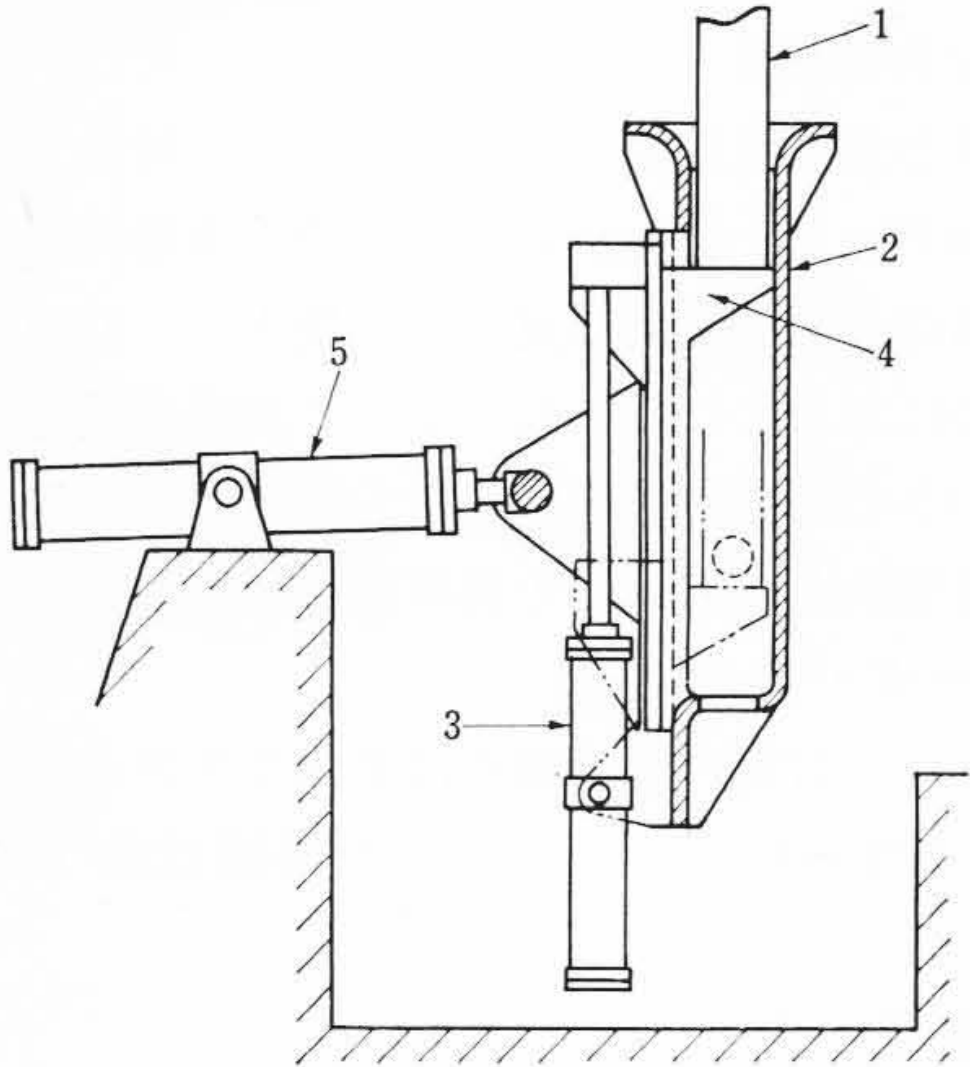


図 1

を受け取る容器2内にシリンダ3の操作によって動作する支持アーム4を設け，この支持アーム4により切断後の鋼塊1を受け止めると同時に鋼塊1のもつ落下エネルギーを吸収しつつ所定位置まで誘導し，次に容器2をシリンダ5によって転回せしめたならば，上記支持アーム4により鋼塊1を輸送装置6上に押し出すようにしたものである。

したがって，この発明によれば，鋼塊の落下エネルギーによる悪影響を最少限に押えけるとともに切断長さに関係なくいかなる寸法の鋼塊をも輸送装置上に搬出することができる効果がある。(山元)

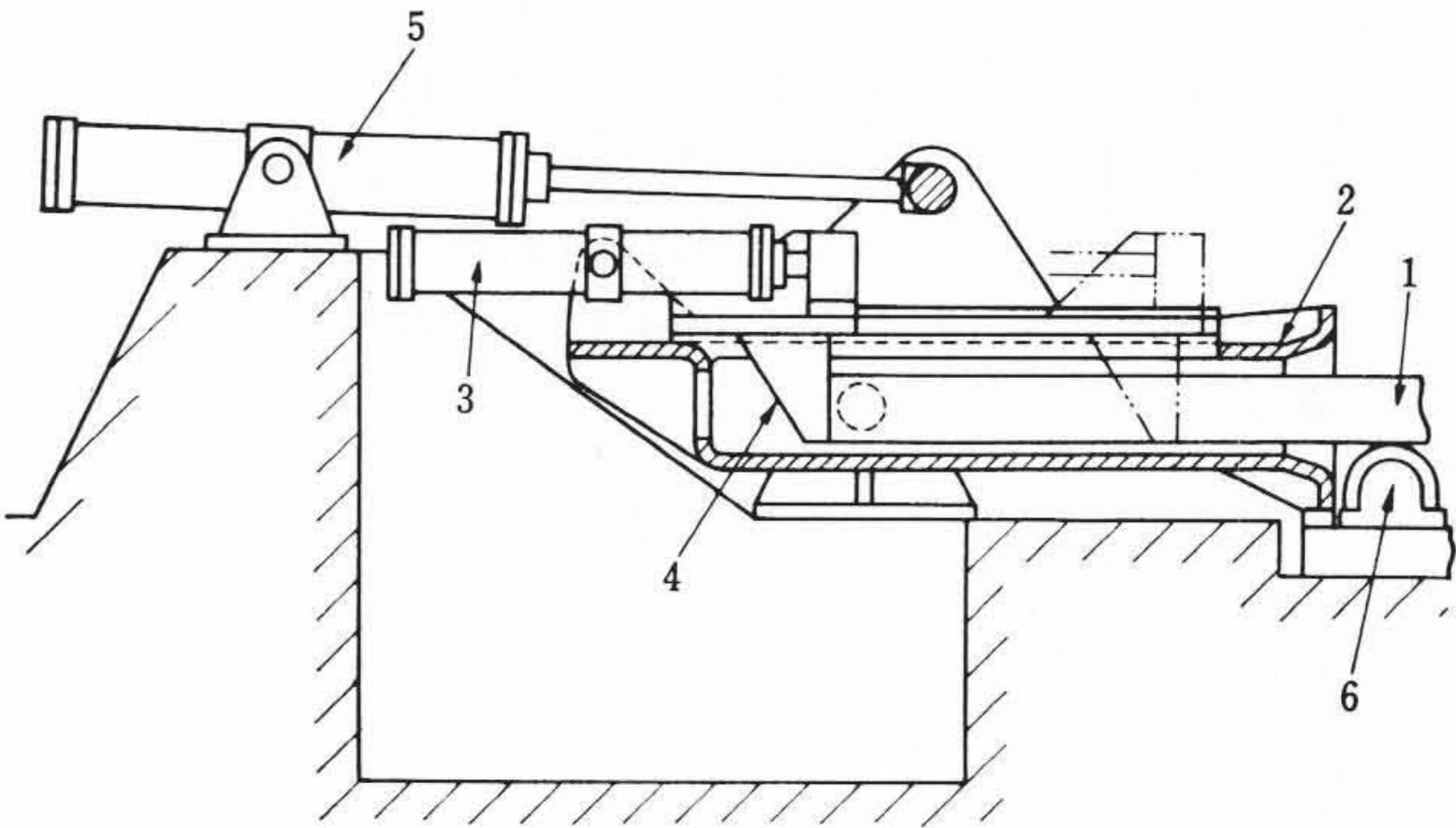


図 2

4.6 防 災 管 理

火災発生時には発生地点，作動機器を防災盤のグラフィックにシンボル表示するとともに，自動的に防災用機器をプリセットして，マスタスイッチのワンタッチ操作でこれらの発停を可能にするほか，災害時の避難誘導や各種保安設備の制御を集中的に表示するようにしてある。

おもな防災機能は下記のとおりである。

- (1) 火災感知器 (約 380 台) の動作表示
- (2) 防災シャッター，排煙ファン，ダンパの制御と動作表示
- (3) スプリンクラポンプ，泡(あわ)消火ポンプなど防災専用動力の発停と表示
- (4) 防災放送，防災用エレベータ，照明，航空障害灯の制御と表示，非常電話の受信表示およびゴンドラ設備の状態監視
- (5) 防災活動状況の自動記録
- (6) 図表によるスライド投影表示

6. 結 言

以上，世界貿易センタービル納め計算制御集中監視装置の概要を述べた。本装置は昭和45年3月以降実運用にはいっており，本格的なビルディング総合監視システムとしての機能を発揮している。

終わりに，本装置の完成まで終始ご指導とご協力をいただいた建築主株式会社東京ターミナルをはじめ，鹿島建設株式会社，株式会社日建設計その他の関係各位に厚く御礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 有吉，黒木：世界貿易センター超高層ビルの電気設備，オーム 56-5 41 (昭44-4)
- (2) 葛西，黒木：世界貿易センタービル電気設備の概況，電気工事の友 575 (昭44-9)
- (3) 森田，曾我ほか：日立制御用計算機システム，日立評論 51，153 (昭44-2)