

省エネルギーのためのビル空調制御ソフトウェア

Air Conditioning Control Software System for Building

日立制御用計算機HIDICを用いた日立ビル管理システム“BUILMAX”シリーズは、小規模ビルから大規模ビル全体を総合管理して、ビルの省エネルギーと自動化による省人化を図ることを目的としている。

ビルでの使用エネルギーの割合が最も大きい空調設備の省エネルギーのため、各種の省エネルギー機器の導入だけでなく、制御の面から空調機器の最適運転を図るため“BUILMAX”シリーズに適用されている空調制御ソフトウェアの概要と制御効果について述べる。

中村成利*
豊田武二*
水島通保**
杉野信幸**

Naritoshi Nakamura
Takeji Toyoda
Michiyasu Mizushima
Nobuyuki Sugino

1 緒 言

官庁ビル、事務所ビルなど大形化する一般的ビルのエネルギー消費量の40～60%は、空調用熱源と動力源である。したがって、ビル管理で省エネルギーを行なう場合、熱源を含め空調設備をいかに合理的に制御するかがビルの管理上最も重要な課題である。制御システムを初期目標に従って、うまく運用するためにはソフトウェアが重要であることは今更言うまでもない。これをビル管理システムに当てはめてみると、導入すべきシステムをいかに使いこなすかということを事前に十分に検討した上で、設計・製作されたソフトウェアでなければならない。以下、日立制御用計算機HIDICによるビル管理システム“BUILMAX”(Building Management and Automation Complex)シリーズに適用されているビル空調制御ソフトウェアについて実例を中心に紹介する。

2 システム構成とソフトウェア

2.1 対象ビル設備概要

図1に対象ビルの建屋概要を、表1にその設備概要を示す。

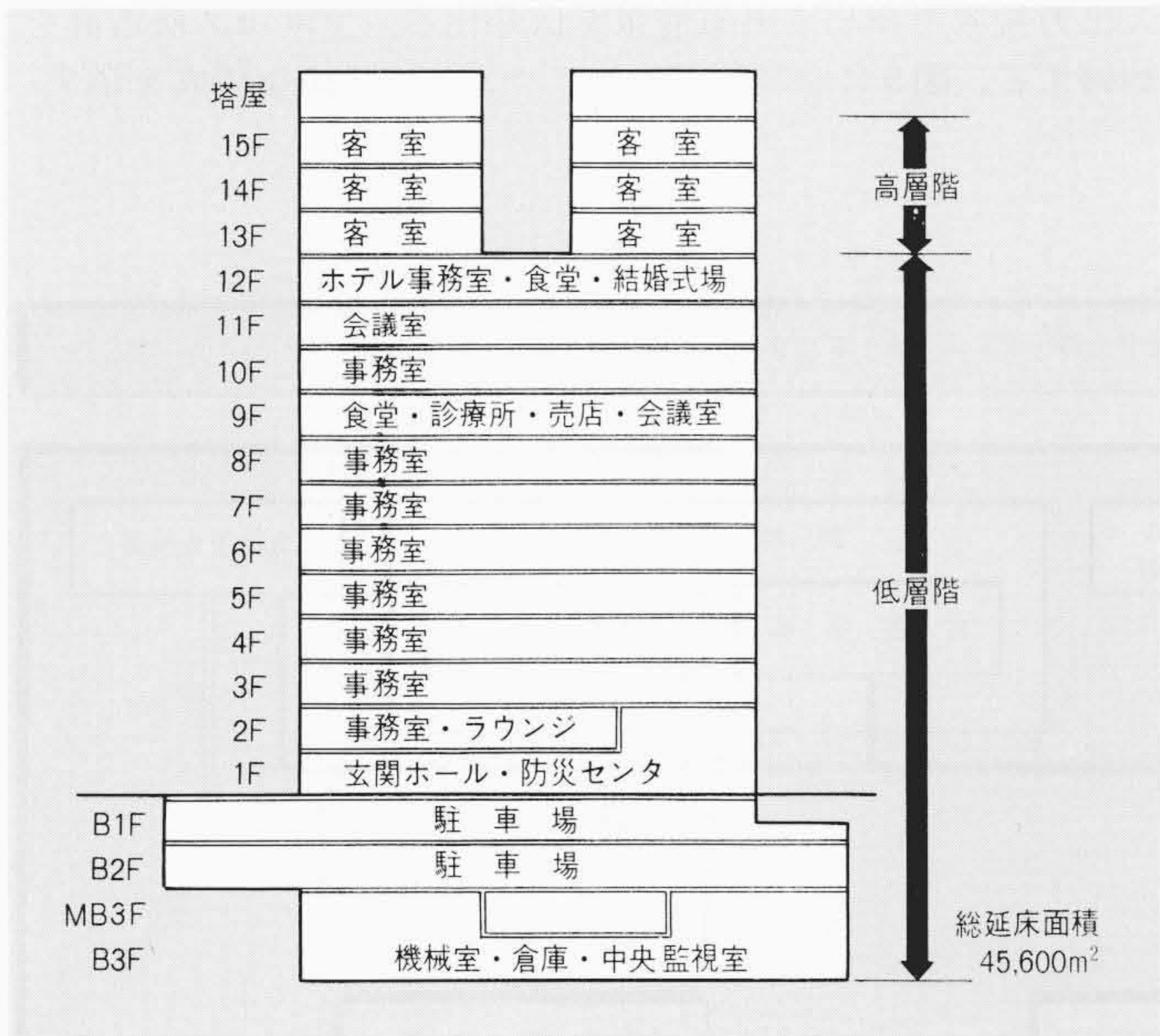


図1 合同ビル建屋概要 低層階と高層階に、それぞれ熱源設備をもつ空調区画割になっている。

本ビルは官庁3機関の合同ビルで、低層階と高層階にそれぞれ熱源設備をもった空調区画割になっており、その空調方式は次に述べるとおりである。

- (1) 4ゾーン分離単一ダクトVAV(全熱交換器)方式(低層階)
- (2) ペリメータゾーンFCU(ファンコイルユニット)方式(低層階)
- (3) FCU+単一ダクト(外気処理)(高層階)

外気処理は4ゾーン単位の全熱交換器で行なう。

また、省エネルギー形機器は、

- (1) 冬季使用のヒートポンプ
- (2) ダブルバンドルコンデンサ形冷凍機
- (3) 全熱交換器(エコノベント)

などの新機種が導入されている。

2.2 ハードウェア構成

ハードウェア構成を図2に示す。日立制御用計算機HIDIC 80を中心に磁気ディスク装置、プロセス入出力装置、中央監視盤〔CRT(Cathode Ray Tube)2台と操作卓組込み〕、タ

表1 設備概要 対象ビルの設備概要を示す。

設 備	項 目	内 容
空調方式	配管空調方式	1～12階4ゾーン分離単一ダクトVAV(全熱交換器)方式及びペリメータゾーンファンコイルユニット方式
	外気処理方式	13～15階ファンコイルユニット+単一ダクト(外気処理)方式
冷 熱 源	冷凍機	ターボ形 600USRT 1台 250USRT 1台
		ダブルバンドル コンデンサ形 250USRT(夏季) 220USRT(冬季) 1台
		吸 収 式 345USRT 1台
	冷却塔	カウンタフロー形 570USRT用 2台 345USRT用 2台
温 熱 源	熱 交 換 器	7×10 ⁵ kcal/h 2台
	ダブルバンドルコンデンサ 形ターボ冷凍機	8.1×10 ⁵ kcal/h(冷熱源兼用)
	熱 交 換 器	8.1×10 ⁵ kcal/h 2台

注：USRT〔1USRTは、一昼夜で0℃の1tの水を氷にするのに必要な熱量をいう(3,024kcal/h)。〕

* 日立製作所機電事業本部

** 日立エンジニアリング株式会社

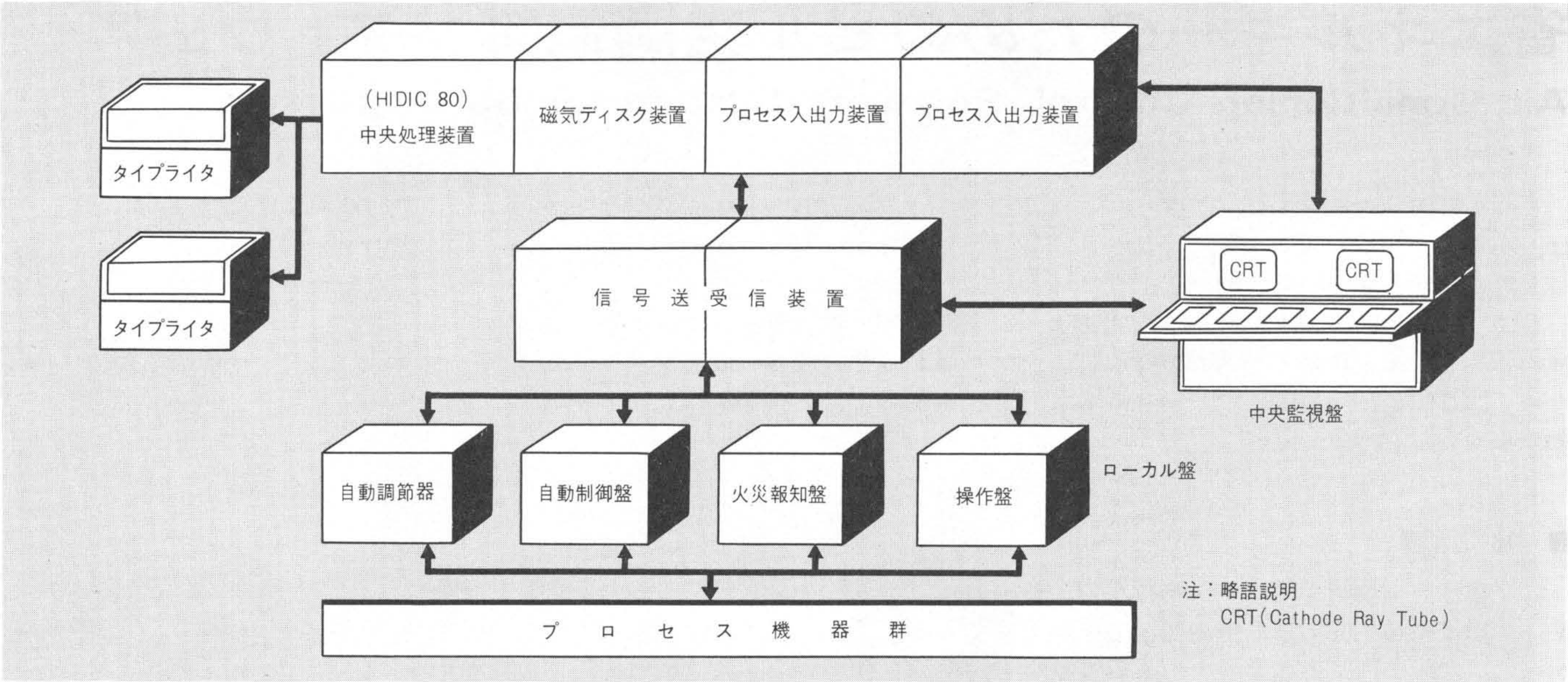


図2 ハードウェア構成 (HIDIC 80)中央処理装置を中心に、信号送受信装置を介する信号の方向を示す。

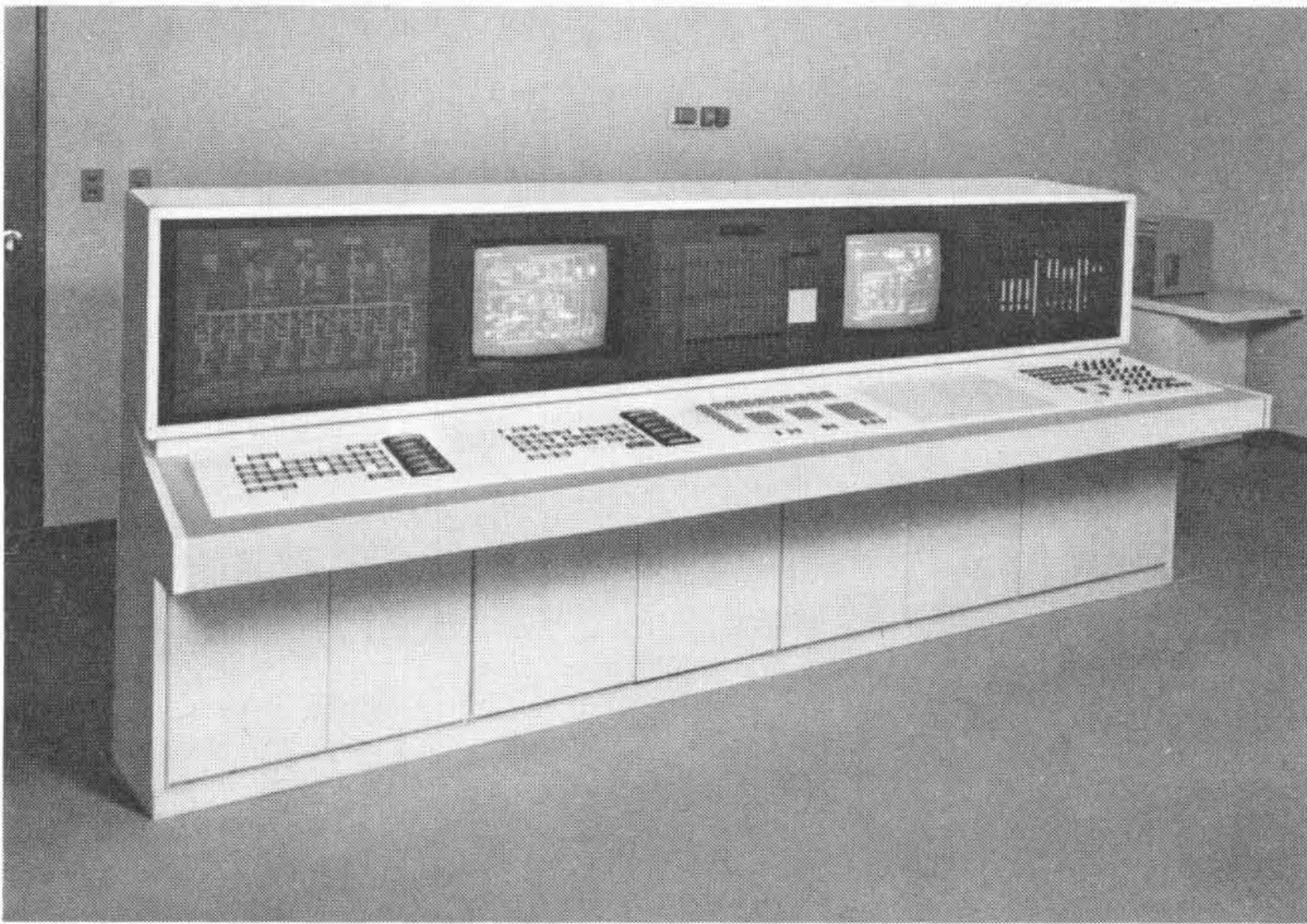


図3 中央監視盤 CRTディスプレイとグラフィックパネルとを組み合わせたコンパクトなデスクタイプの監視操作盤を示す。

イプライタ及び信号送受信装置から構成される。図3に中央監視盤を示す。プロセス入出力装置への信号は、空調、衛生、防災及び受変電設備の機器のステータス情報であるデジタル入力、室温・外気温・湿度などのアナログ入力、流量・電力量などのパルス入力、各温度設定値のアナログ出力、機器の操作信号のデジタル出力など総計約3,800点に達する。これらすべての情報を中央で一括集中監視するとともに、以下に述べる制御情報として処理する。

2.3 ソフトウェア構成

図4に全体のソフトウェア構成を示す。情報処理ソフトウェアは、プロセスのイベント情報を加工・演算処理してデータベースを作成する。また、制御ソフトウェアではそのデータベースを情報源として各種の制御処理を行ない、プロセス入出力装置を介して出力情報を信号化し、プロセス機器群を制御する。図5に空調制御ソフトウェアの詳細な構成を示す。

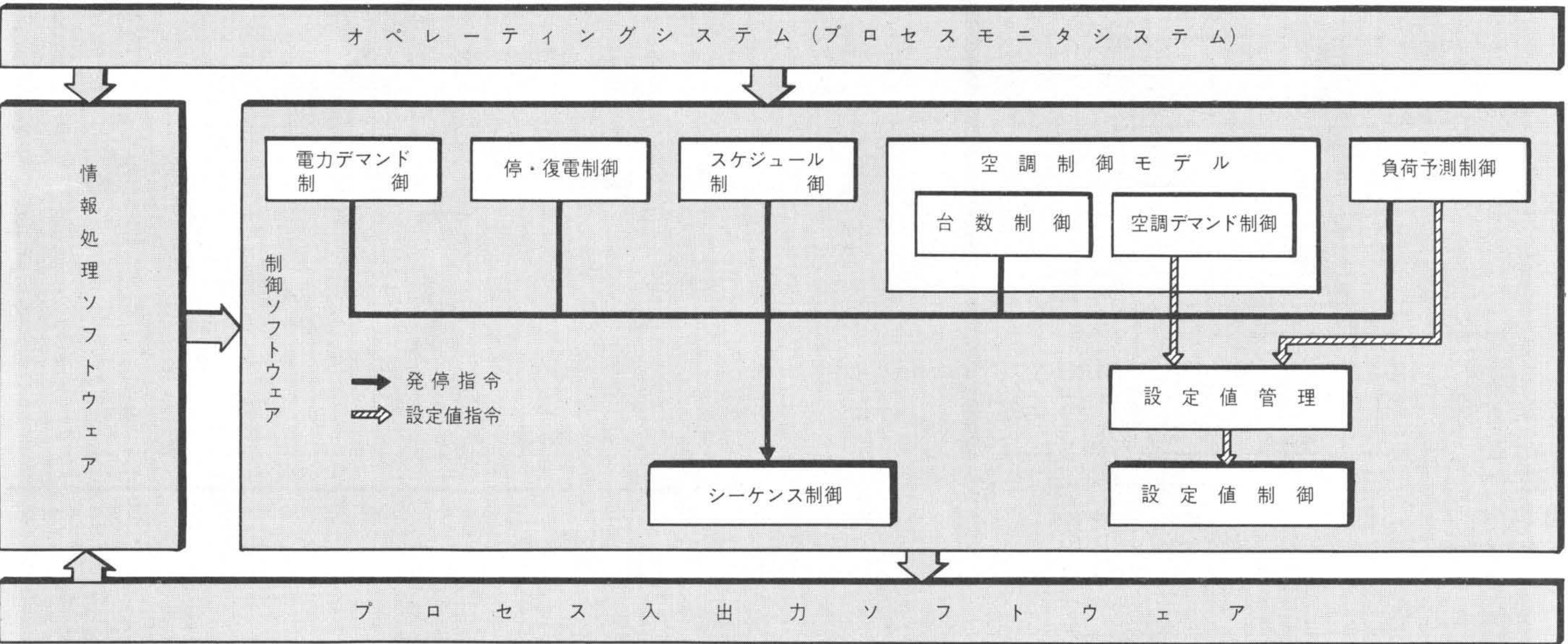


図4 ソフトウェアブロック図 制御の基本はシーケンス制御と設定値制御で、上位の各制御ソフトウェアがこれを動かす。

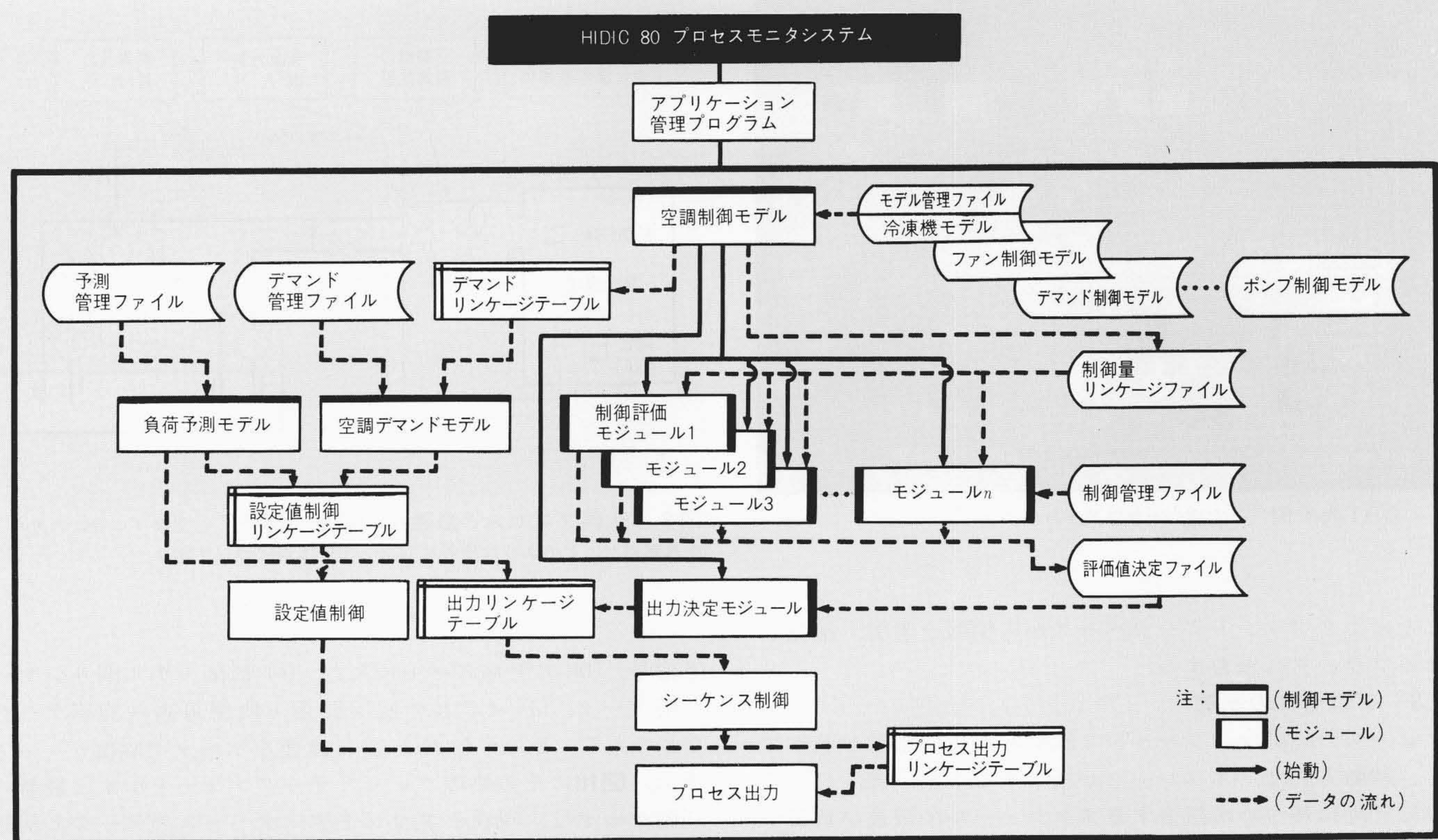


図5 空調制御ソフトウェア構成図 空調制御モデルを中心とした制御モジュールとデータの流れを示す。

3 空調制御ソフトウェア

3.1 ニーズと設計思想

ビルは多くの人々の生活の場であると同時に生産活動の場でもあるため、ビルを経済的かつ快適な環境条件に保つよう

維持してゆくことは重要な課題である。このため、必要最小限度の機器を効率良く稼働させる必要がある。

図6に一般的な空調制御のニーズとその設計思想を示す。省エネルギー指向の制御や熱源設備の軽負荷運転については、特に詳細な検討が必要である。

3.2 集中監視制御処理内容

3.2.1 プロセスデータ情報収集

ビル集中監視制御システムは、多量のプロセス情報を収集、検定及び加工処理を行ない、操作員の要求に応じて迅速かつ正確にその情報を提供しなければならない。

プロセス情報の走査方法は、4秒周期の高速走査と1分周期の低速走査があり、高速走査はプロセス異常情報の常時走査と、監視、操作中のブロックの任意走査に分かれる。任意走査は、低速走査のブロックから自動的に高速走査に切り替えることができる¹⁾。プロセス情報は検定のあと情報に変化があるとイベントとして各処理にリンクし、また分、時及び日の単位で情報を演算、整理してプラントデータベースに蓄積する。

3.2.2 マンマシンコミュニケーション

(1) プロセス監視

監視はCRT中心に行なう。画面は全体プロセスを電力、空調などの設備機能ごとに分割して、一括表示する全体図、全体図を場所ごとに区分した詳細図及び計装ごとのトレンド表示の3段階表示を基本にしている。図7に空調の冷熱源系統の詳細図を示す。

(2) プロセス記録

運転記録はタイプライタ、CRTへ出力するとともに、プラントデータベースへ蓄積し、後日整理してエンジニアリングデータとして出力できる。日報、月報及びトレンド印字は、オペレータがCRTを用いて出力項目、フォーマットを指定す

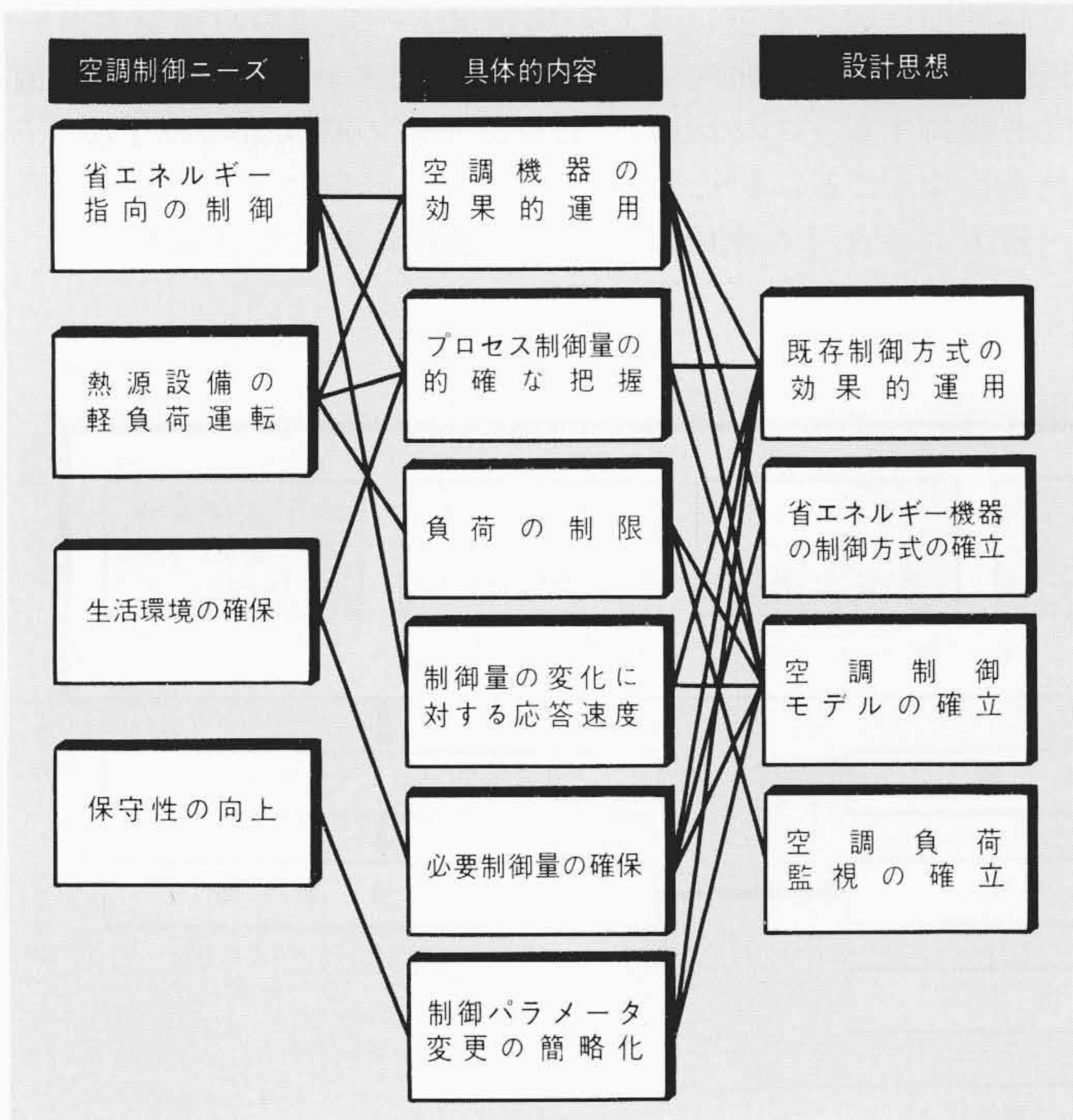


図6 空調制御のニーズと設計思想 空調制御のニーズを、具体化するための設計思想を示す。

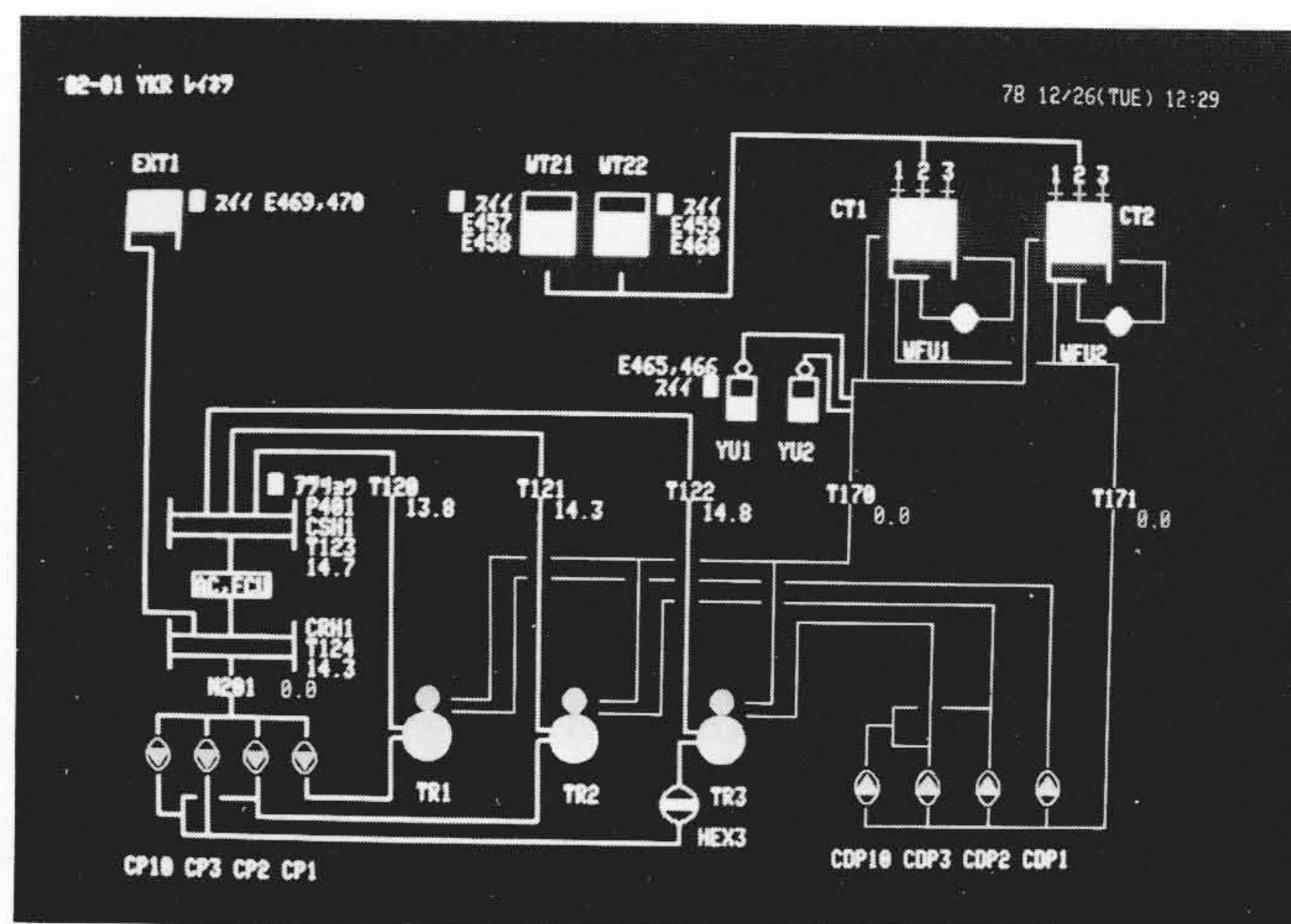


図7 CRT表示例 空調の冷熱源系統のCRT表示を示す。

ることによりプラントデータベースから情報を索引、編集してタイプライタへ出力する。

3.2.3 プロセスの制御

プロセスの制御は、シーケンス制御と設定値制御が基本である。制御方式は、オペレータが指令する手動制御、日単位の運転計画に基づいて指令するスケジュール制御及び負荷予測に基づき計画スケジュールをたて、実績値で修正するプロセス最適制御に区分できる。

4 空調制御最適制御項目と適用具体例

4.1 ビル空調の最適制御項目²⁾

ビル空調の最適制御は、図8に示すように次に述べる項目がある。

- (1) 室内温・湿度の最適化
- (2) 空調機の最適始動
- (3) 最適外気取入れ
- (4) 熱源系の最適化

これらの最適制御項目について、以下に適用例を述べる。

4.2 最適制御適用例

(1) 空調制御モデル

図9に空調制御モデルの構成と位置付けを示す。

空調制御モデル入力情報は、(a) プロセス機器の状態・故

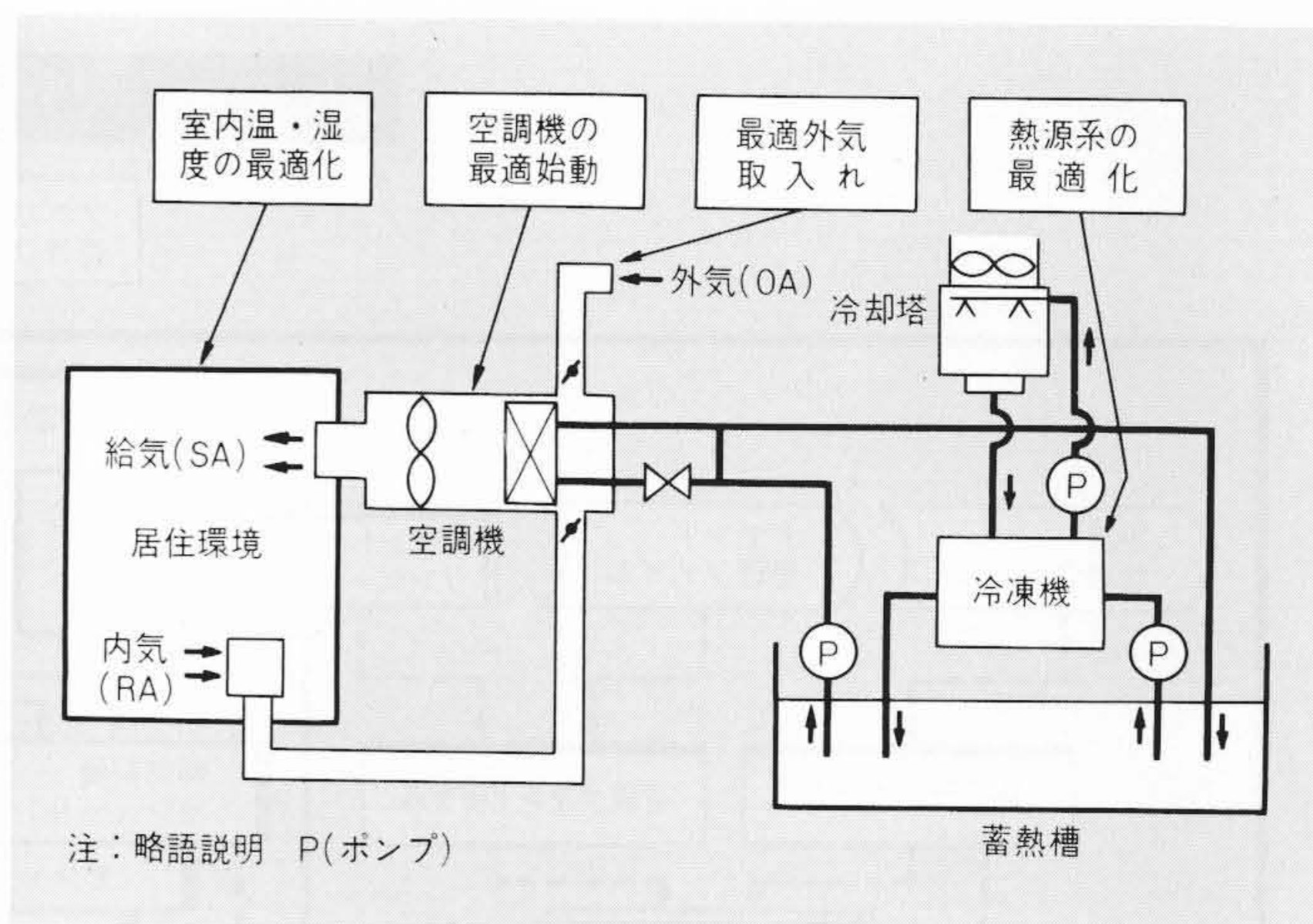


図8 空調プロセスと最適制御項目の関係 空調プロセスの流れと最適制御が、どのような機器に対応しているかについて示す。

障信号、(b) アナログパルス入力、(c) 制御モデル間リンケージ用データ、(d) モデルの使用要否・使用可否決定用データなどである。そのうち(c)と(d)は重要なデータで制御データと呼ぶ。図10にその処理フローとデータフローを示す。最新の制御データは、現在のプラントデータベースのデータと前回の最適制御データとにより求められる。

(2) 負荷(予冷・予熱)予測

空調機の最適始動時刻決定のフローを図11に、タイムチャートを図12に、また算出モデルを図13に示す。この制御モデルは典型的な室温変化曲線(実測値を統計処理して求める。)を利用して、各季節ごとに空調機最適始動時刻を算出できるようにしたものである。

ある季節で、ビルの各階のペリメータ側の室温が最も安定する時間帯にサンプリングした室温値を用い、各階各方位別の算出モデルにより予冷・予熱開始時刻を予測する。そして、その開始時刻からビル始業時刻まで空調機を運転させる。ビル始業時刻前に設定温度に達した場合は、一定値のバウンダリー範囲を設けこの範囲内で空調機ファンをオン・オフさせ最適温度を維持する。このように、必要最小限の時間帯だけ予冷・予熱を行なうことにより、従来の操作員の経験に基づく場合と比べ省エネルギーと室内最適温度の維持に非常な効果がある。

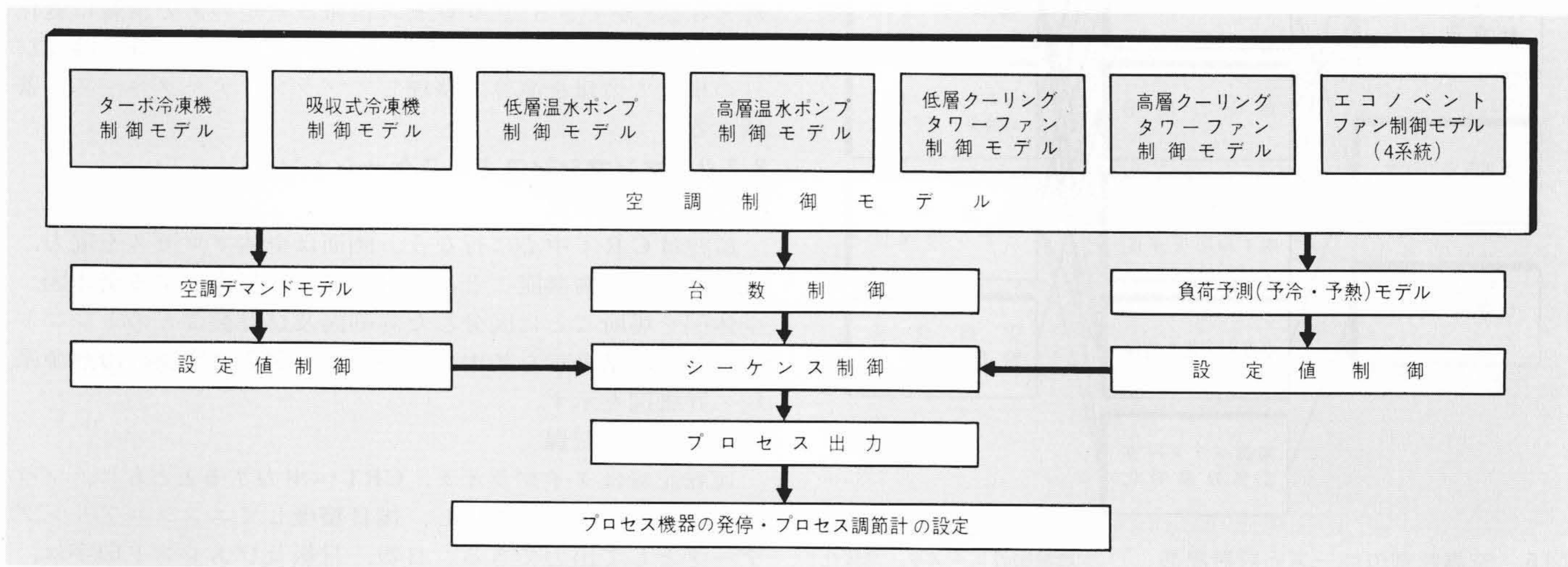


図9 空調制御モデルの構成と位置付け 空調制御モデルにより、個々の制御ソフトモジュールが動作する。

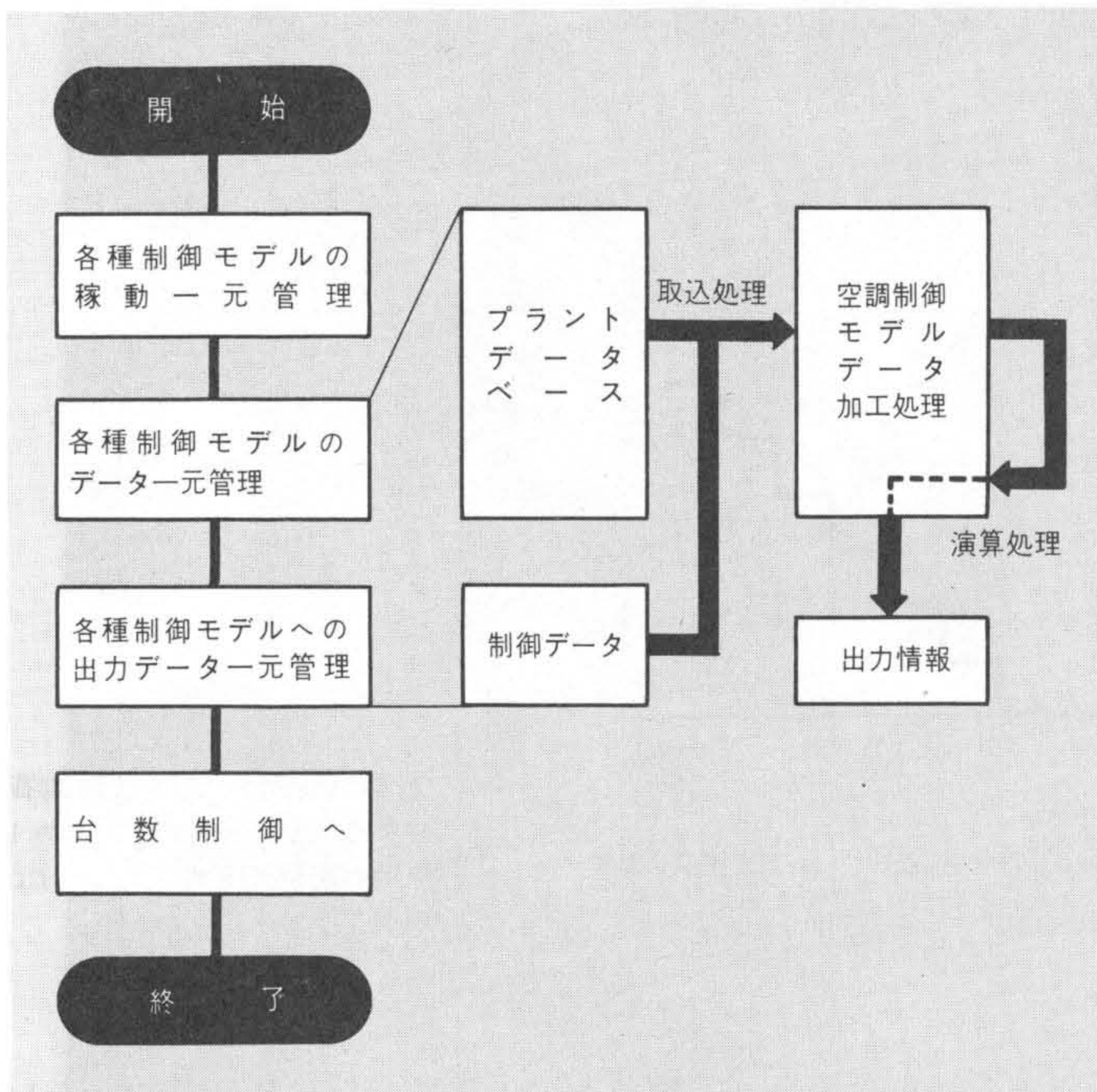


図10 空調制御モデルとデータのフロー プラントデータベースと制御データにより、最適制御出力が得られる。

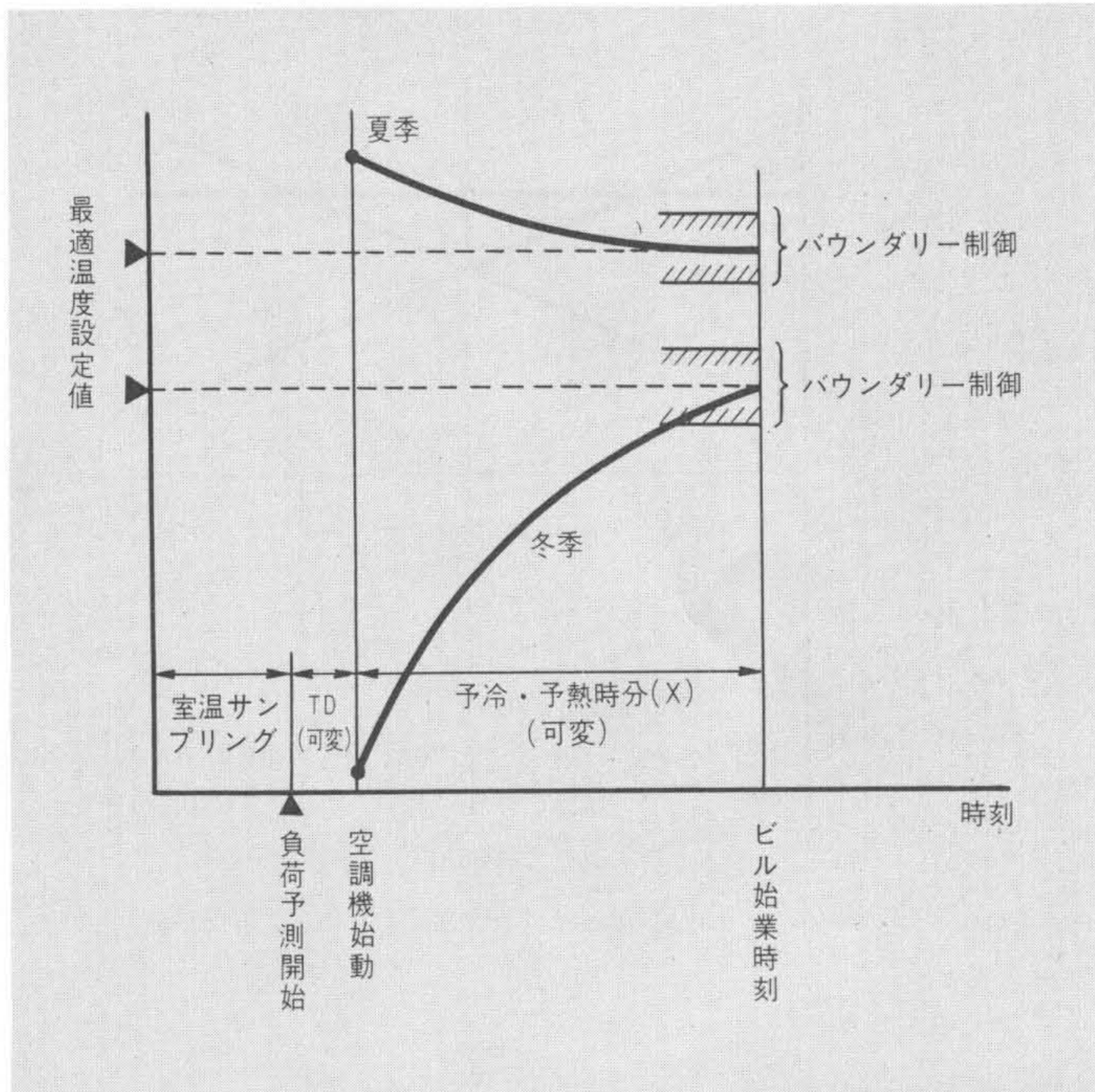


図12 負荷予測タイムチャート 室温サンプリングから負荷予測開始、空調機始動及びビル始業時刻までのタイムチャート例を示す。

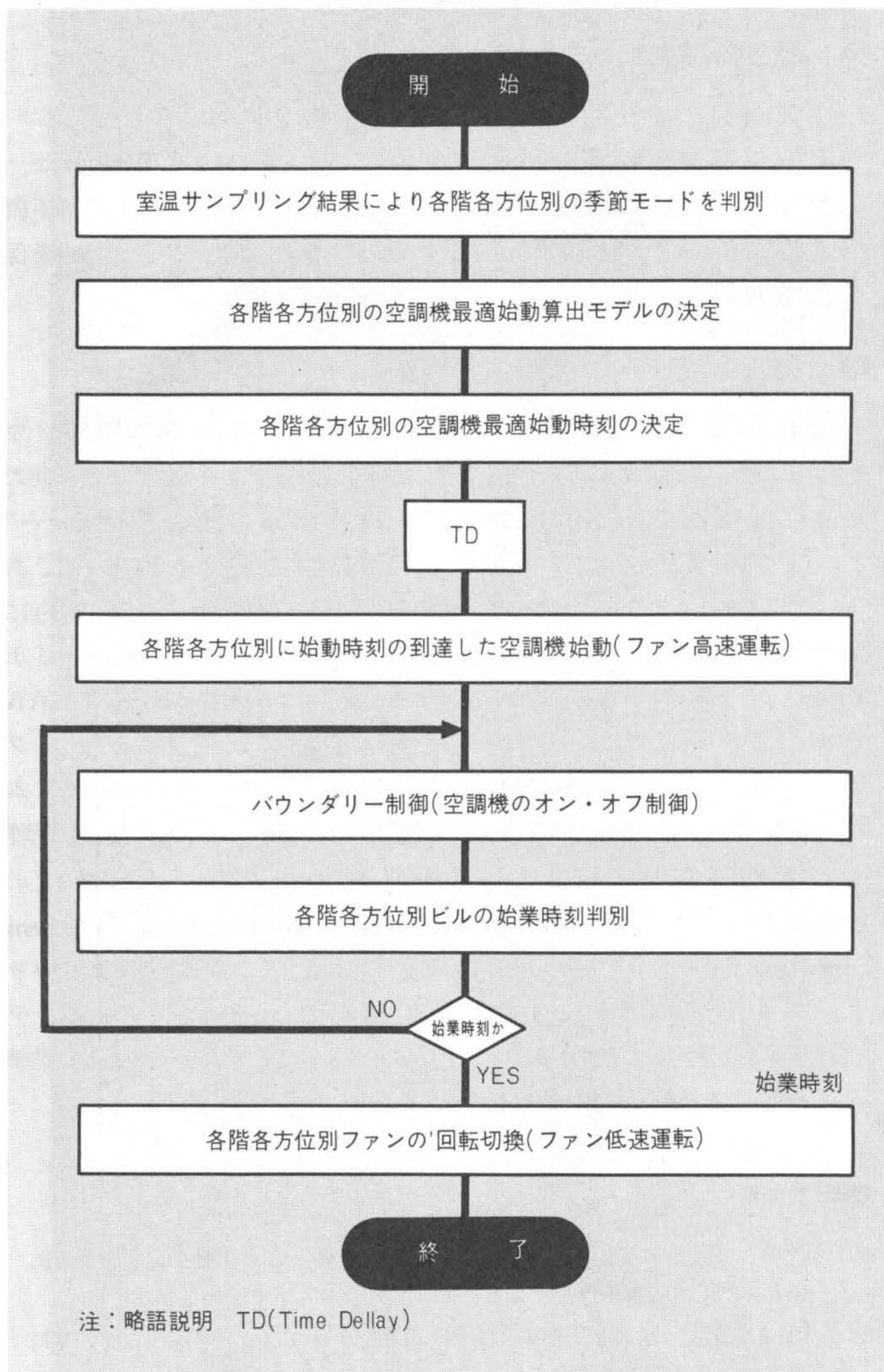


図11 負荷予測制御フロー 当日の早朝に、各階各方位の室温から空調機の最適始動時刻を決定し、始業時刻に至るまでの制御のプログラムフローを示す。

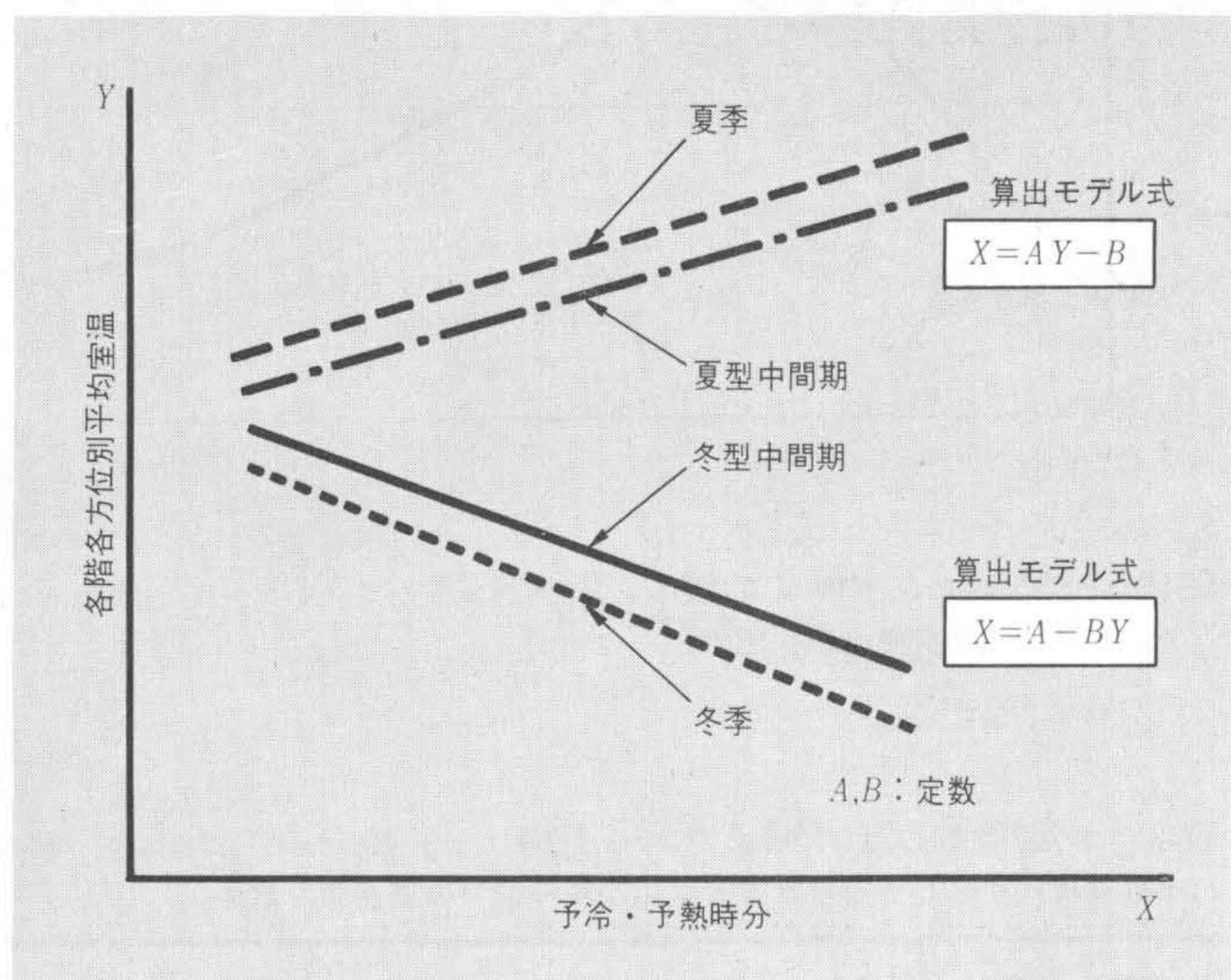


図13 空調機最適始動算出モデル 予冷・予熱時分の算出は各季節ごとの算出モデル式から求める。

(3) 最適外気取入れ

今回の実施例では行っていないが、この制御は外気エネルギーの積極的利用により省エネルギーを図るもので、図14に示すように二つの機能から構成される。(a) 外気(OA)、内気(RA)及び給気(SA)のエンタルピー i を測定し、それらの大小比較により外気冷房の可否を判断し外気ダンパの開度を変える。(b) 外気エンタルピーが内気エンタルピーよりも大きいときは、室内のCO₂濃度を検知の上外気ダンパを開閉して、外気負荷の軽減を図る。

(4) 空調デマンド制御

空調デマンド制御とは、空調負荷が増大しても空調熱源が過負荷にならないように、あらかじめ空調負荷に数段階の上限値を設け各上限値ごとに空調熱源の優先配分を行なうもの

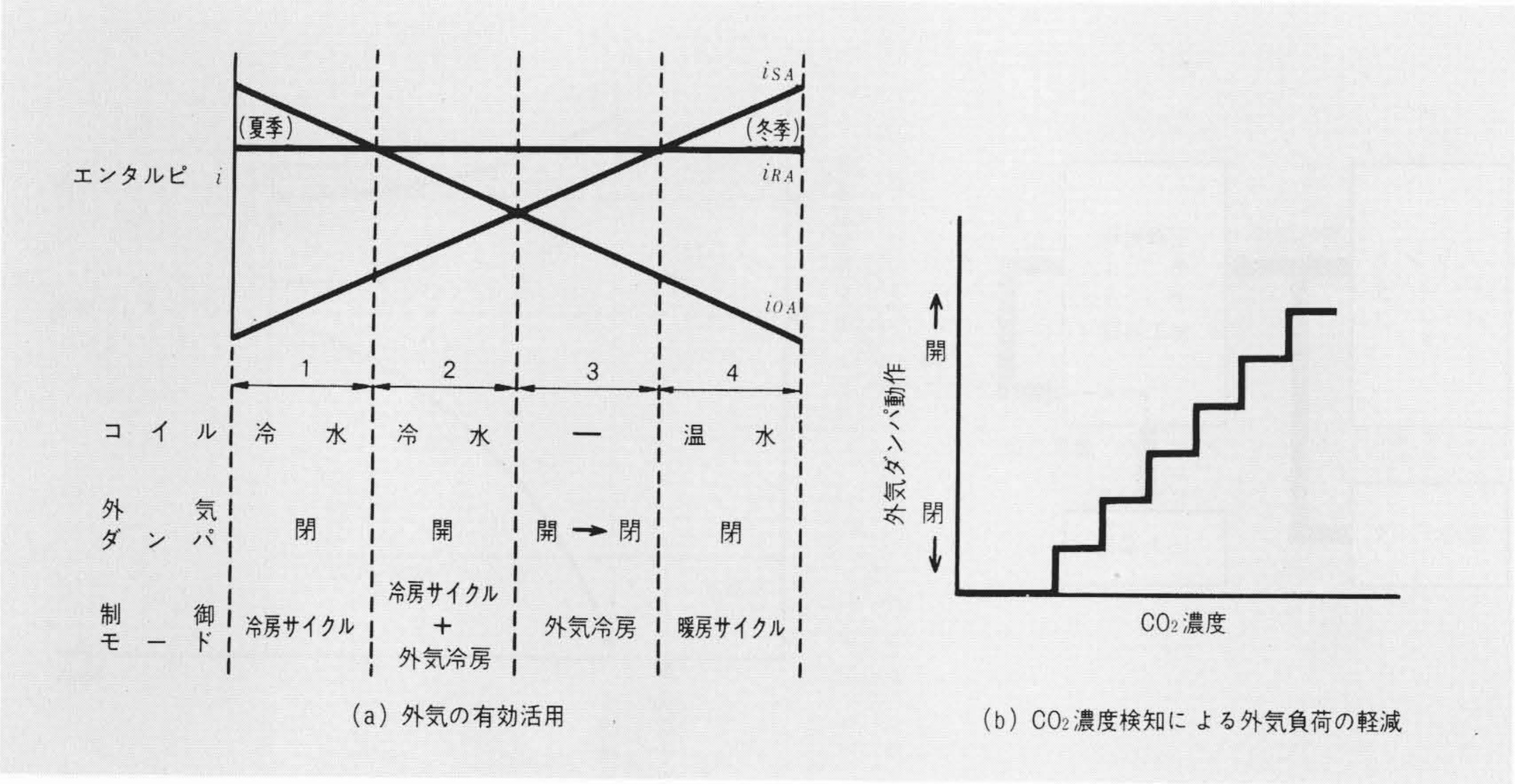


図14 最適外気取入れ制御
外気を有効に利用するための1
年間の制御モードの変化と、CO₂
制御を示している。

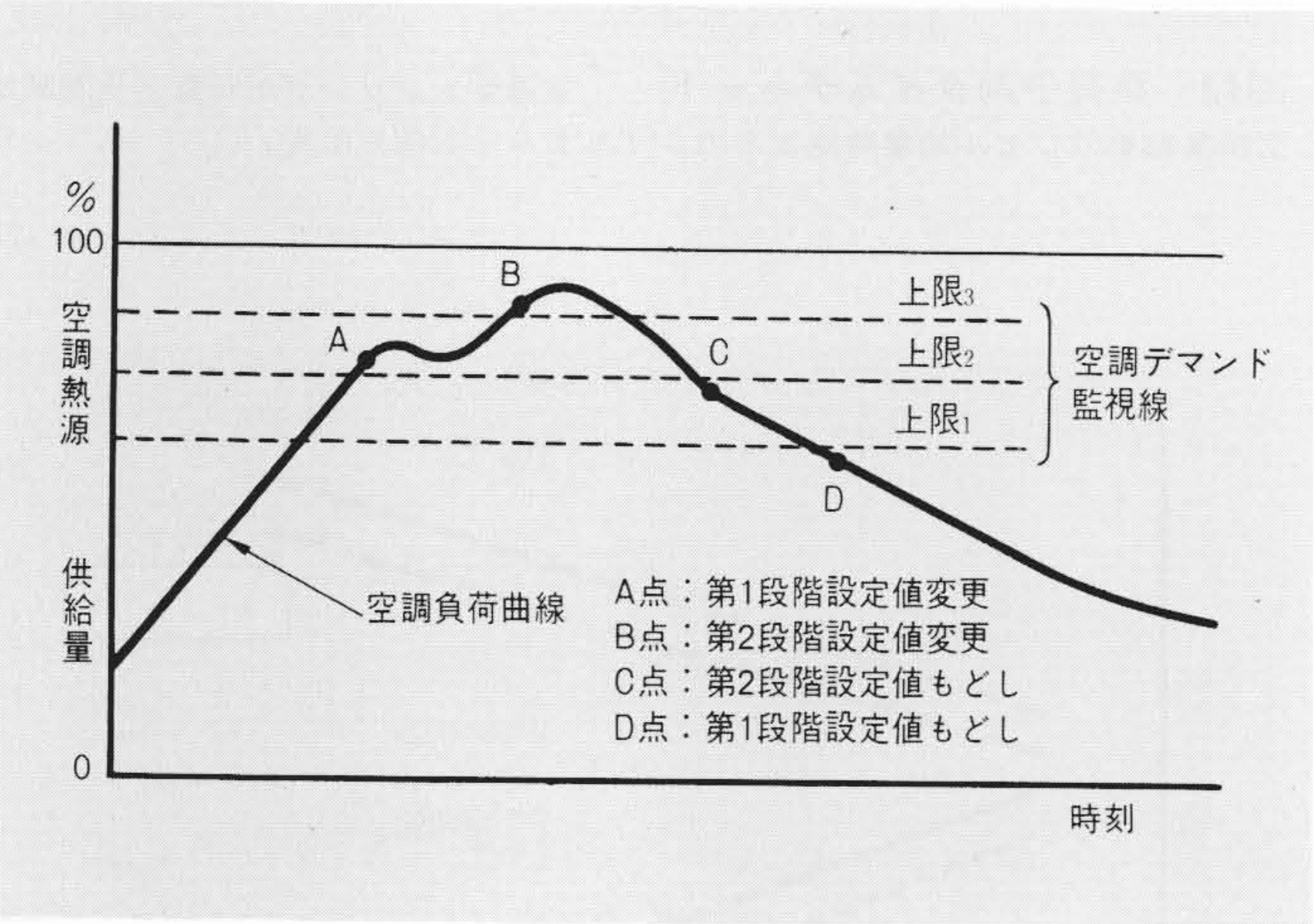


図15 空調デマンド制御の概要
空調負荷が変化して、各上限値にな
ったときの設定値変更の例を示す。

表2 空調制御により期待される効果
計算機の導入によって、従来の
手動制御に比較して得られる省エネルギー効果の期待値を示す。

項 目	効 果
スケジュール 発・停による効果	1日当たり約1時間のむだ運転の防止
台数制御による 効果	ターボ冷凍機制御 電気使用量の4%程度の削減
	吸収式冷凍機 ガス使用量の2%程度の削減
	エコノベントファン クーリングタワー ファン制御 電気使用量の3%程度の削減
	温水ポンプ制御 電気使用量の10% ガス使用量の3% } 程度の削減
予冷・予熱制御 による効果	ファンコイルユニットの運転で1日約0.5時間の むだ運転の防止
空調デマンド制御 による効果	電気使用量(ターボ冷凍機)の8% } 程度の削減 ガス使用量(吸収式冷凍機)の4% }
設定値制御 による効果	夏季1℃高く設定することにより、冷凍機電気使用量の8% 冷凍機ガス使用量の4% 冬季1℃低く設定することにより、ボイラのガス使用量の5%

である。すなわち、空調負荷の上限値ごとに居室性の少ない
ブロックから順次空調熱源の配分を減らし、居室性の多いブ
ロックは現状を維持させる。図15に空調デマンド制御の概要
を示す。このようにすれば、ビルの快適環境を維持しながら
省エネルギーを図ることができる。

5 空調制御による効果

空調制御により期待できる効果³⁾を表2に示す。
最適制御が手動制御に比べて省エネルギーになる原因は、
(1) 計算機によるきめ細かい制御、(2) 換気の最少化、(3) 制御
不要時間帯の空調機の停止、(4) 蓄熱槽の適正保存量の確保
などである。

6 結 言

以上“BUILMAX”シリーズに適用するビル空調制御ソフト
ウェアの実例について紹介したが、計算機システムが他の
ビル設備機器と基本的に異なるのは、操作方法の変更をハー
ドウェアを変えずにソフトウェアだけでも変えられる点であ
る。ソフトウェアのメンテナンスを現地で容易かつ効率的に
行なうためには、システムが完備したオンラインユーティリテ
ィプログラムをもち、アプリケーションは汎用語FORTRAN
ですべて書かれており、かつオンラインプログラムデバッグ
システムになっていることが望ましい。また、このシステムの
計画・開発からメンテナンスまでを、同一のビル施設管理
担当者が一貫して行なうことも必要である。今後は新設の
ビルに対して、TACSS(Total Air Conditioning System
Simulator)ビル空調シミュレータによるビル空調制御ソフト
ウェアの事前評価がますます盛んになり、そのケーススタデ
ィと実例の蓄積により、アプリケーションプログラムの標準
パッケージ化が進むと考えられる。

参考文献

1) 岩城、外：日立上下水道監視制御システム、日立評論、59、
667～672 (昭和52-8)
2) 和田、外：ビル管理制御用計算機システム、日立評論、61、
577～580 (昭和54-8)
3) 清水：省エネルギー問題と最近の空調技術、日本機械学会誌、
77、183～193 (昭和49-2)