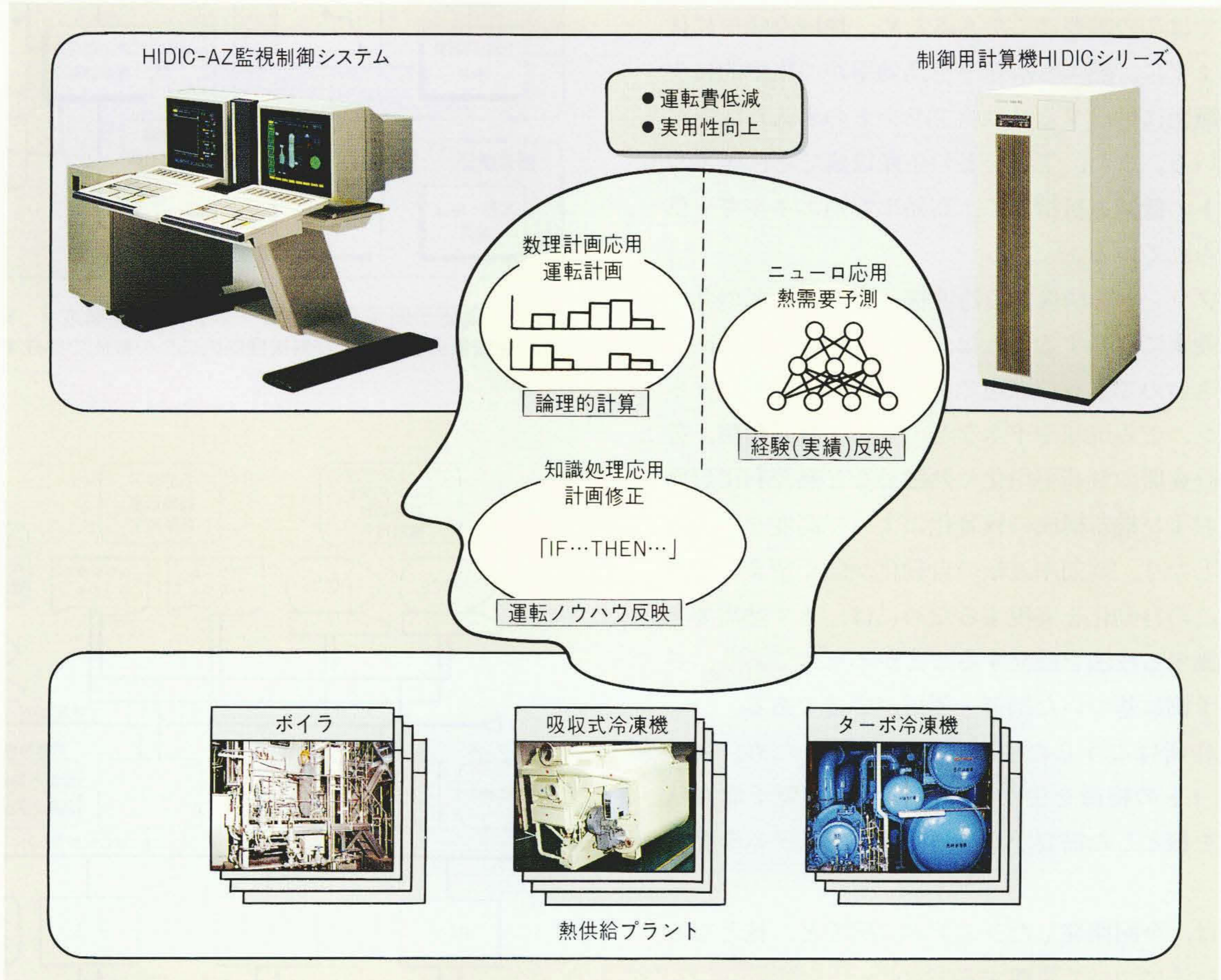


ニューロ応用需要予測技法と熱供給プラントへの適用

Demand Forecasting Method and Its Application to Heat Supply Plants

中原正二* Masaji Nakahara 下田 誠** Makoto Shimoda

吉岡正博* Masahiro Yoshioka 坂内正明*** Masaaki Bannai



需要予測型運転計画システムのコンセプト 右脳機能と左脳機能を制御用計算機HIDICシリーズに搭載して、熱供給プラントのランニングコストを低減した。

熱供給プラントでの廃熱利用や熱融通などを含めた熱源機器の高効率運転は、エネルギーを有効活用する上できわめて重要な要素である。この高効率運転の自動化を実現するためには、まず熱需要を的確に予測することが不可欠であり、この予測に基づいた制御・運用が必要である。

日立製作所はこうしたニーズにこたえるため、ニューラルネットを応用した高精度な需要予測技法を開発した。この需要予測技法は、24時間の需要パターンを予測する日間需要予測と、これをオンライン

で修正する短時間需要予測によって構成される。

さらに、需要予測技法と運転計画技法を組み合わせた需要予測型運転計画システムを開発した。熱供給プラントの運用制御には、E(電気)制御、I(計装)制御およびC(計算機)制御のすべてが必要である。これら制御の上に、このシステムを運用計画の中核として位置づけることにより、熱源機器の高効率運転や運転コストの低減に大きく貢献できると確信している。

* 日立製作所 大みか工場 ** 日立製作所 日立研究所 *** 日立製作所 システム事業部

1 はじめに

近年、地球温暖化やヒートアイランド現象などの環境問題が深刻化する一方、アメニティ指向の高まりから空調用熱エネルギーの需要はますます増大する傾向にある。都市ではこの需要にこたえるため、地域冷暖房に代表されるように、熱エネルギーを高効率かつ集中的に生成して広範囲に供給する熱供給プラントの導入が活発に行われている。また、工場などの生産設備でも、エネルギーコストの低減を目指して、高効率な熱エネルギー供給が求められている。

熱供給プラントを構成する冷凍機、ボイラなどの熱源機器を高効率に運転することは、エネルギーを有効活用する上できわめて重要な課題である。また、コージェネレーション、ごみ焼却や下水などの廃熱の有効利用、蓄熱による昼夜間の負荷平均化や熱融通など熱源利用形態の多様化および機器構成の複雑化によって高度な運転技術が必要となり、高効率運転の自動化が強く望まれてきている。この自動化を実現するためには、まず熱需要を的確に予測する技法を確立することが不可欠であり、さらにこの予測に基づいた制御・運用が必要である。

日立製作所はこうしたニーズにこたえるため、ニューラルネットの特徴を生かした高精度な需要予測技法と、これを核とした需要予測型運転計画システムを開発した。

ここでは、今回開発したシステムの概要と、核となる需要予測技法について説明する。

2 需要予測型運転計画システムの概要

需要予測型運転計画システムは、図1に示すように需要予測機能、運転計画機能および制御機能で構成している。

需要予測機能のうち日間需要予測は1時間ごと24時間分の熱需要を予測し、運転計画機能はこの予測熱需要に基づいて熱源機器の運転計画(起動・停止スケジュール)を作成する。作成された運転計画に基づいて、制御機能が熱源機器の起動・停止および負荷制御を行う。

一方、日間需要予測によって予測された熱需要値と実際の熱需要値との偏差を補正するため、オンライン型の短時間需要予測を行う。短時間需要予測は気温・湿度・需要値などのリアルタイムデータに基づいて短時間先、例えば1時間後の熱需要値を予測する。運転計画機能は、この予測需要値に基づいて日間需要予測による運転計画

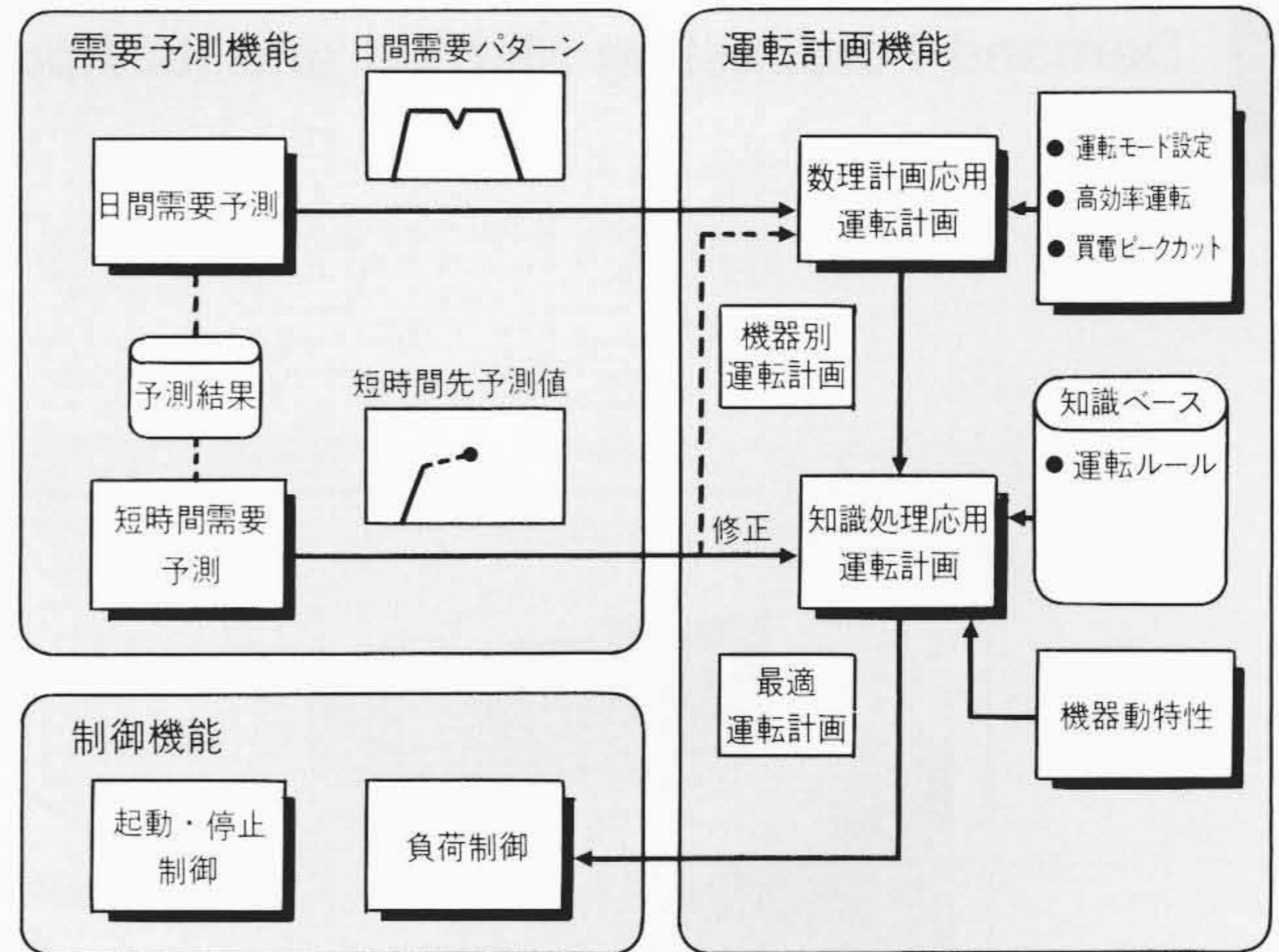
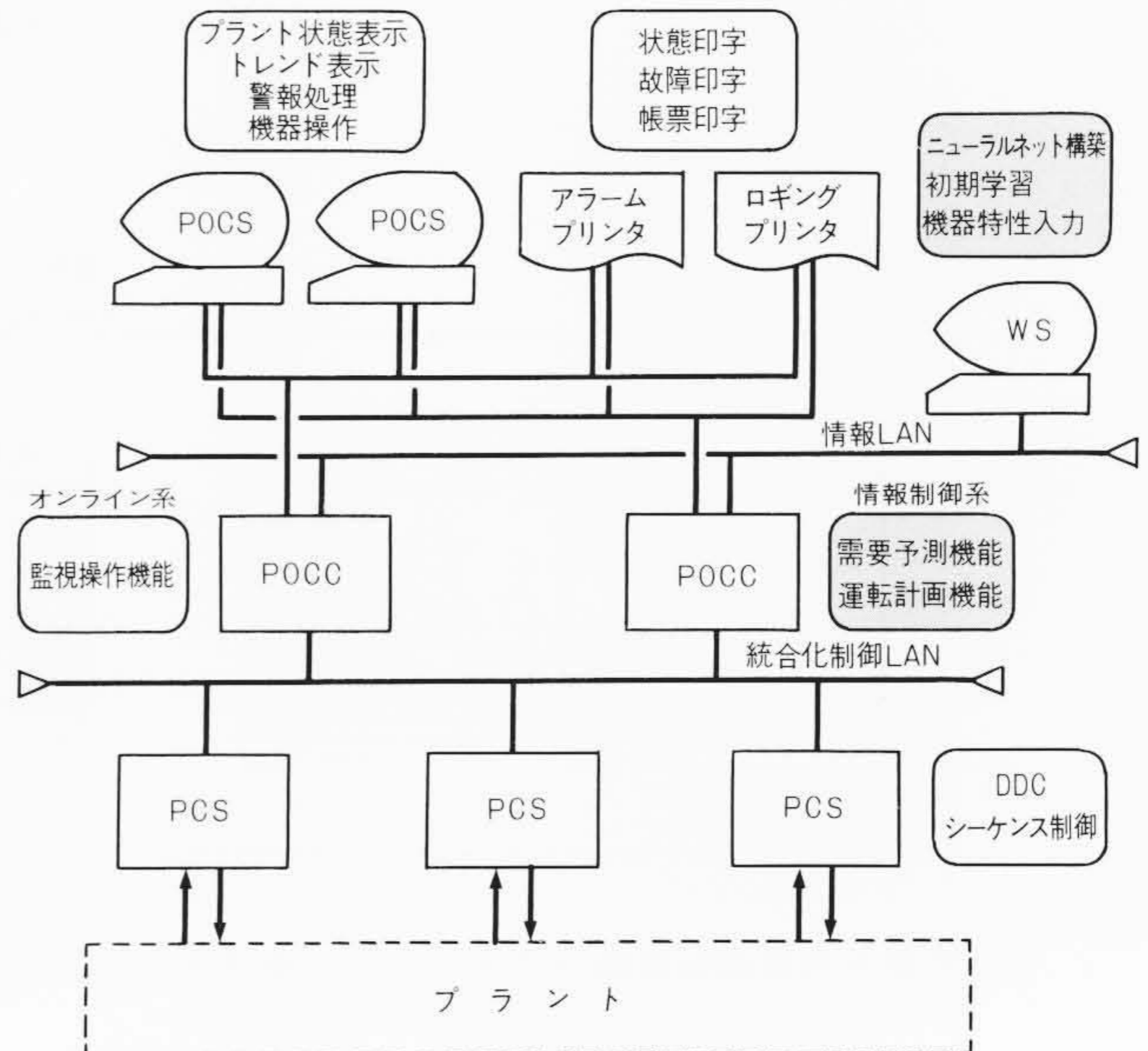


図1 需要予測型運転計画システム機能構成 需要予測機能、運転計画機能および制御機能の三つの機能で構成する。

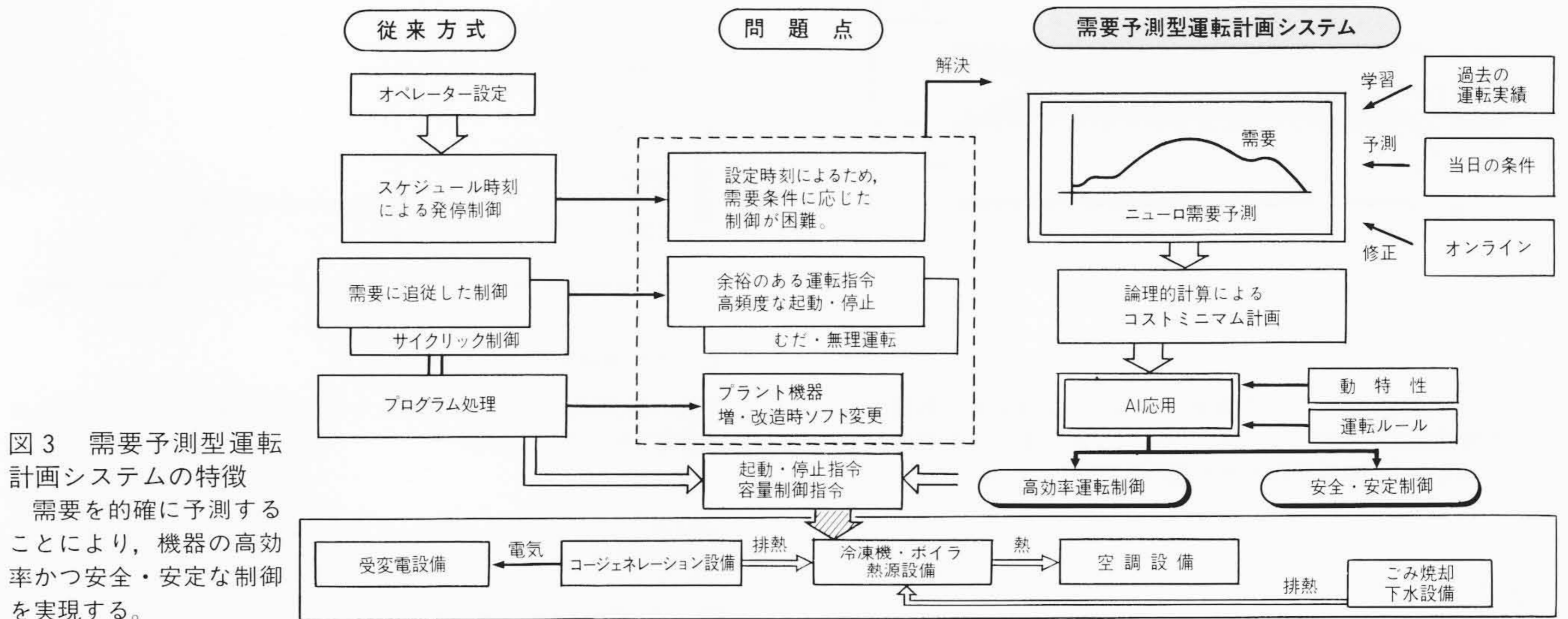


注：略語説明
 POCS (Process Operator's Console Station)
 POCC (Process Operator's Console Controller)
 PCS (Process Control Station)
 WS (Workstation)

図2 HIDIC-AZに搭載した需要予測型運転計画システム構成例 情報制御系POCCに需要予測・運転計画機能を、ワークステーションにニューラルネット構築などのB & M(ビルダ アンド メンテナンス)機能を持たせている。

を修正する。

需要予測型運転計画システムを、熱供給プラントの機械、電気、計装の各設備を統合的に運用するEIC(電気・計装・計算機)制御統合システムHIDIC-AZ²⁾に搭載した例を図2に、システムの特徴を図3に示す。このように、このシステムは熱需要を的確に予測することにより、



熱源機器の運転コストを最小に抑えるような運転計画を作成することができ、機器の高効率かつ安全・安定な制御を実現する。

3 ニューラルネット応用需要予測の特徴

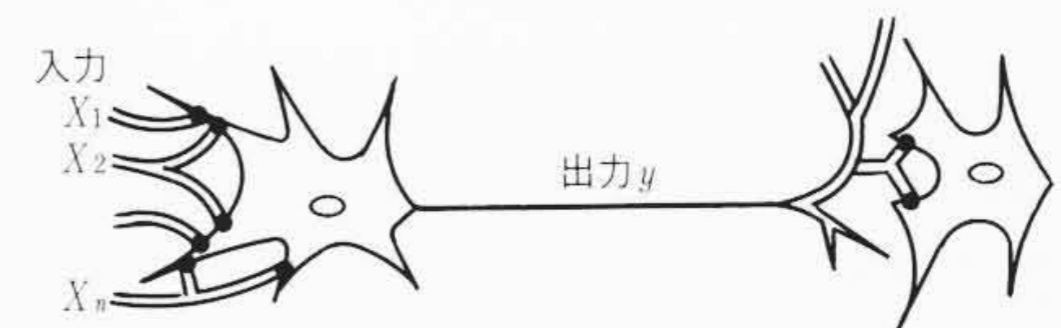
3.1 ニューラルネット応用需要予測

ニューラルネットは、図4に示すようにニューロン(脳細胞)を数学的にモデル化したユニットを多数結合したものである³⁾。今回用いた階層型ニューラルネット⁴⁾は、ユニットを入力層、中間層および出力層に分けて配置、結合したものである。入力層に特定の入力を加えたときの望ましい出力を教師データとして出力層に与え、結合の重みを変化させることを学習と呼ぶ。学習によって入力と出力の関係を結合の重みとして記憶しておけば、任意の入力に対して正しい出力を得ることができる。

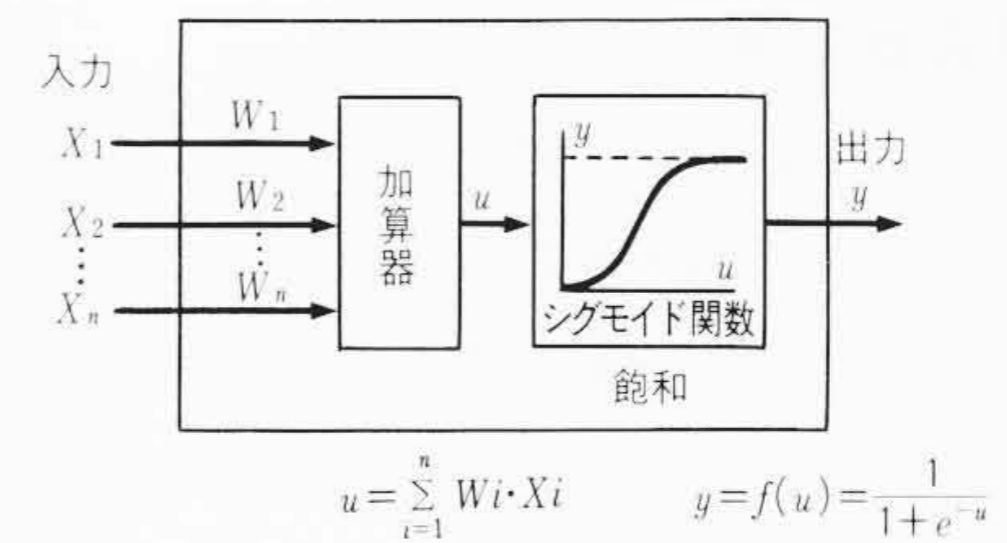
今回開発したニューラルネット応用需要予測技法は、以上の特徴を応用して需要に影響を与える因子(気温、湿度、天気など)をニューラルネットに入力し、予測需要を出力として得るものである。使用するニューラルネットは、リアルタイム制御向けニューロシステム構築支援ツールEUREKA-II/NEURO(Electronic Understanding and Reasoning by Knowledge Activation-II/NEURO)をベースとした、3層の階層型ニューラルネットである。

3.2 日間需要予測

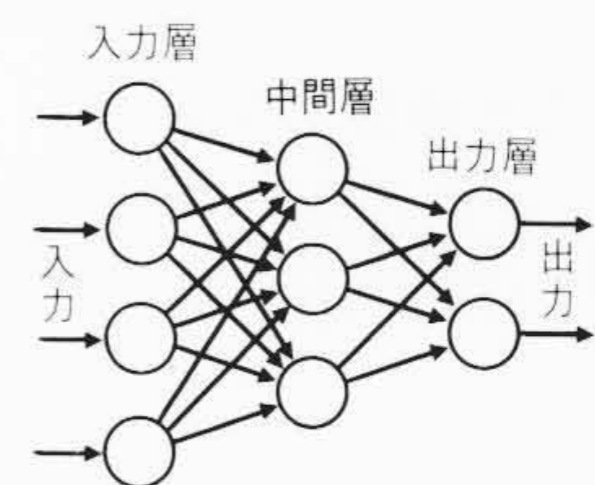
日間需要予測では、図5に示すようにあらかじめ過去の実績需要パターンをニューラルネットの出力に、同じ日の影響因子をニューラルネットの入力に与えて学習させておく。需要と影響因子との因果関係をニューロン間の重みとして記憶したニューラルネットに、翌日需要の



(a) ニューロン(神経細胞)



(b) ニューロンのモデル(ユニット)



(c) 階層型ニューラルネットの構造

図4 ニューラルネットの構造 ニューラルネットは、ニューロン(脳細胞)を数学的にモデル化したユニットを多数結合したものであり、結合の重み W_i を変化させることによって学習する。

影響因子を入力することによって24時間分の予測需要値を得る。

ニューラルネットによる需要予測の特徴の一つは、自己成長性である。需要は季節または需要家の増減などさまざまな要因によって変動する。時々刻々変動する需要に追従するために、予測誤差が設定値を超えた場合には、最近の実績データを用いてニューラルネットを自動的に再学習する。このように、ニューラルネットは自己の知識を向上させることによって需要変動に対応することが

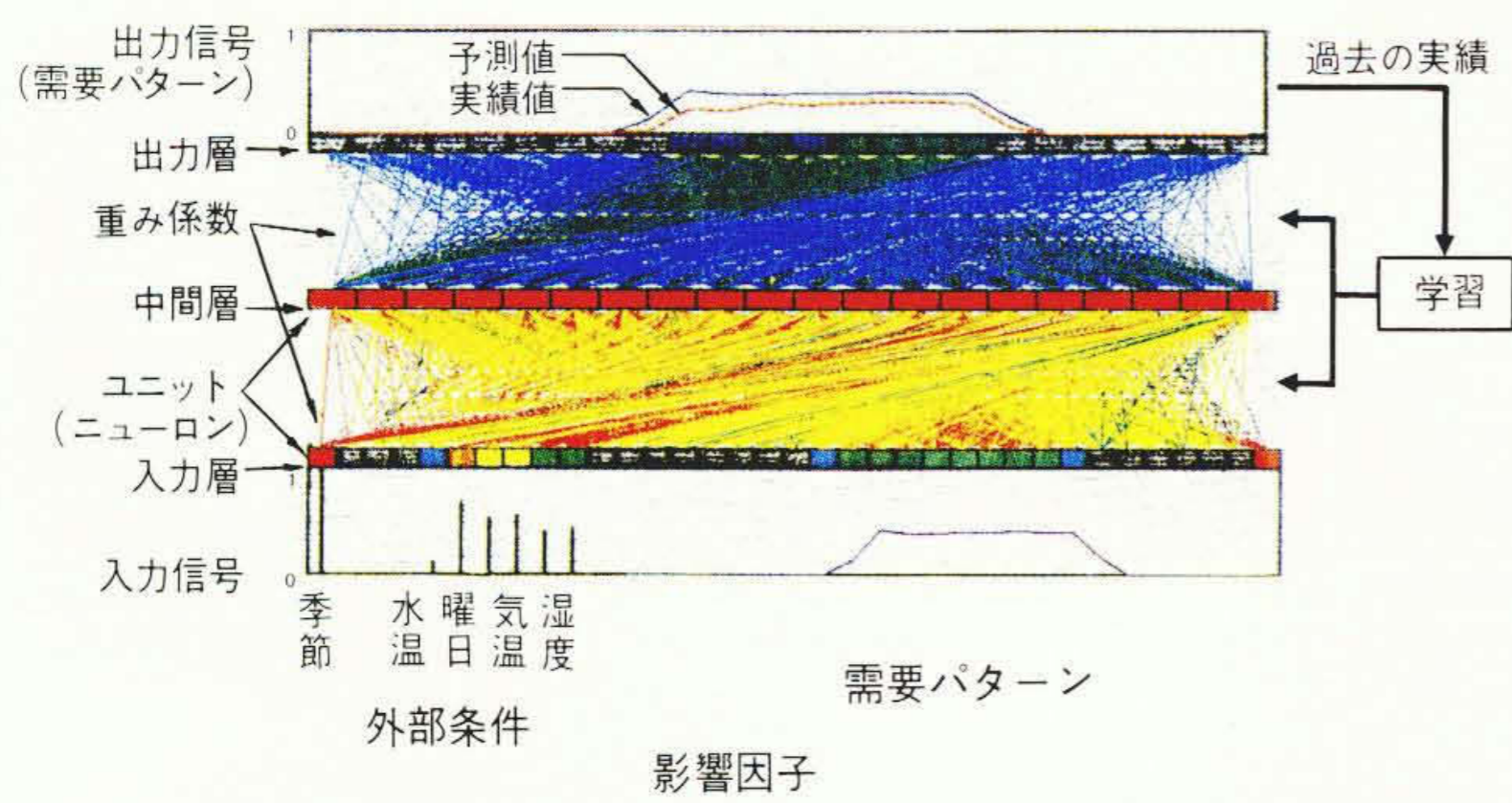


図5 日間需要予測方式の概要 過去の実績需要と影響因子との因果関係を、学習によってニューロン間の重みとして記憶する。この図では、重み係数を色の違いで表現している。

できる。

また、あるイベントが発生する日では、イベント対応ニューラルネットが予測を行う。イベント対応ニューラルネットは、(1) イベントの時間帯を入力情報に追加する、(2) 過去の経験に基づいて予測値を補正する、などの処理を行う。

3.3 短時間需要予測

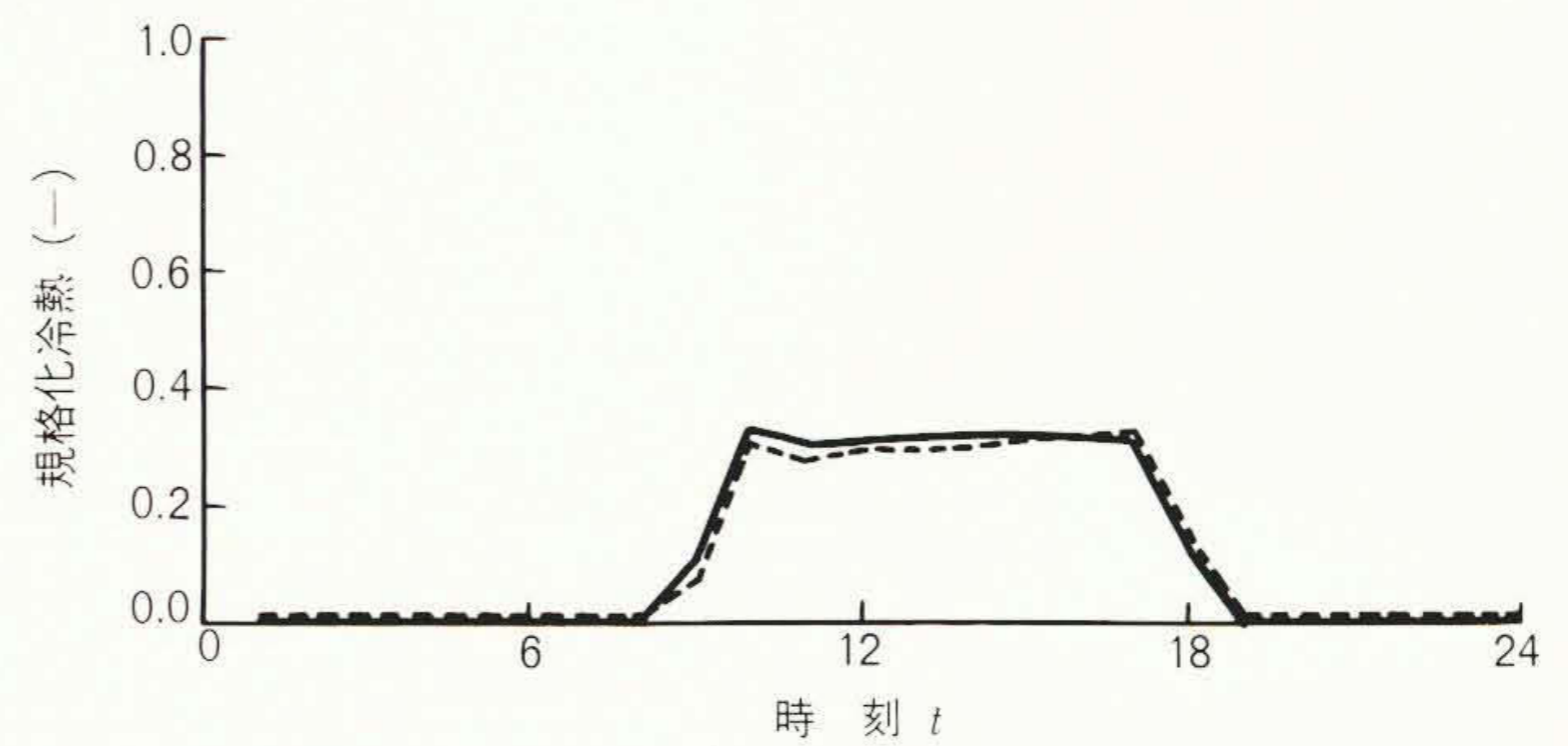
短時間需要予測は、時々刻々と変化するリアルタイムデータ(気温、湿度など)をニューラルネットに入力し、現在の実績需要に対する変化量を予測するものである。予測誤差のフィードバック、需要変化量の抽出などにより、予測精度の向上を図っている。日間需要予測と短時間需要予測は、お互いの結果を部分的に共有することにより、知識の連続性を確保している。

4 予測結果例

日間需要予測のシミュレーション結果を図6に示す。

入力情報は、翌日の予想最高・最低気温、湿度、曜日、季節の標準的熱需要パターンと前日の熱需要パターンとの偏差などであり、出力情報は翌日の熱需要パターンである。

シミュレーションの結果、日間の平均予測誤差は実績の需要値に対し5%以内であり、この方式が有効である



注：—— (実績値), ---- (予測値)

図6 日間需要予測シミュレーション結果 日間平均予測誤差は5%以内である。

ことを確認した。

5 知識処理応用運転計画

知識処理応用運転計画は、時刻ごとに最適解が得られる数理計画法⁵⁾と、数式表現しにくい運転ノウハウを反映できる知識処理手法を融合したものである。これにより、運転費を低減する最も効率のよい機器の選択や、高頻度な機器発停などのむだ・無理の防止を図る実用的な運転計画を作成できる。ある地域冷暖房での運転計画のシミュレーションの結果、従来の優先順位法に比べて運転費を5~6%低減し、かつ機器の起動・停止回数の少ない運転計画を作成することができた。

6 おわりに

以上、需要予測技法の特徴と熱供給プラントでのシミュレーション結果について述べた。熱供給プラントの高効率運転は、環境問題解決に向けて必要不可欠となる技術である。今後とも最新技術を導入し、需要予測型運転計画システムの高機能化・高性能化を図ることにより、熱源機器の高効率運転と、いっそうの運転コストミニマムの追求に向けて全力で取り組んでいく考えである。

最後に、数理計画法について種々ご指導いただいた大阪府立大学工学部教授伊東弘一工学博士に対し、深く感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 下田, 外: 高効率運転を実現する地域冷暖房用運転支援システム, 日立評論, 74, 12, 891~894(平4-12)
- 2) 天日, 外: EIC統合システム“HIDIC-AZ”, 日立評論, 73, 8, 807~814(平3-8)
- 3) 服部, 外: ニューロ・ファジィ応用圧延機形状制御シス

テム, 日立評論, 73, 749~756(平3-8)

- 4) Rumelhart, et al.: Learning Representations by Back Propagation Errors, Nature 323, 533~536(1986)
- 5) 伊東, 外: コージェネレーションの最適計画, 産業図書(1990)