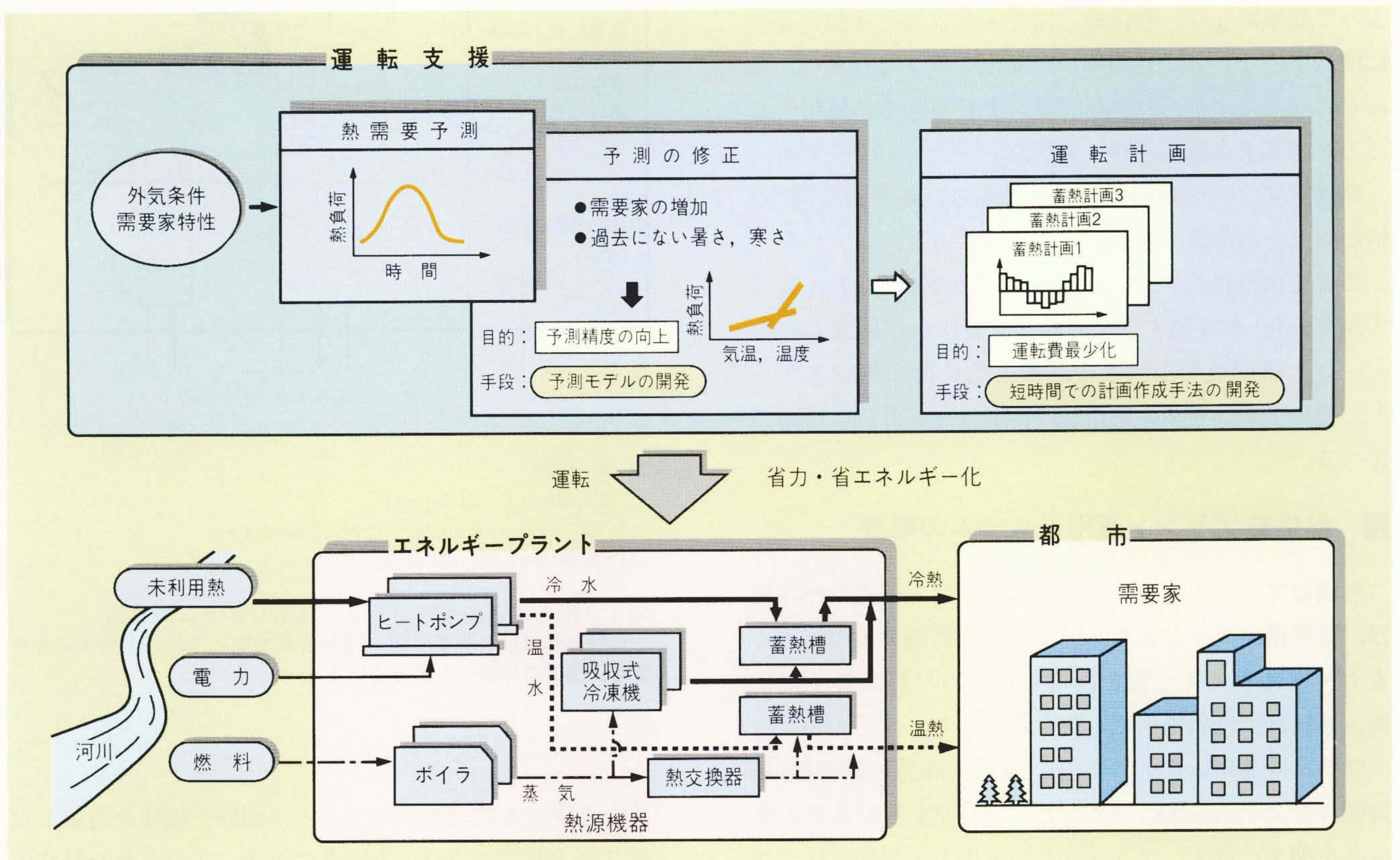


省力・省エネルギーを指向する都市型熱供給プラントの運用システム

Operation System of Energy Supply Plant for Urban Area

坂内正明* Masaaki Bannai 吉岡正博*** Masahiro Yoshioka
堀 嘉成** Yoshinari Hori 柿沼元子* Yukiko Kakinuma



都市エネルギープラントの運用

都市の開発が進み、熱供給プラントが複雑になるに従い、省力・省エネルギー化は、熱供給事業者にとって緊急の課題となってきた。

都市部の熱負荷は、年々増えるビル群や気候などの外的要因によって変動するがその都市に冷熱・温熱を供給するプラントの運転は、熟練運転員が個人のノウハウによって行っているのが実情である。しかし、ビルが増えたり気象記録にないほどの暑さとなると、経験だけでは効率の良い運転ができないおそれもある。また、プラントもエネルギー源の多様化、蓄熱槽導入による系統の複雑化によってその運転も複雑になってきた。

このような背景からプラント運転時の熱負荷の予測精度向上のために、ビルの負荷特性や外気のエネ

ルギー特性を取り入れ、ニューロモデルと物理モデルを融合した予測モデルを開発した。

また、蓄熱槽が入った系統の短時間での運転計画作成のために、生物の進化の過程を模擬した遺伝アルゴリズムを用いた技法を開発した。この技法は、計画作成に要する時間を従来の動的計画法に比べ $\frac{1}{10}$ に短縮することができる。

省力・省エネルギーを目的として、この予測モデルと計画作成技法を東京ガス株式会社新宿地域冷暖房センターに納入済みの熱供給プラントなどに適用することを目指している。

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

1 はじめに

都市の熱供給プラントの運転は、主として運転員の勘と経験によって行われているのが実情である。しかし近年のプラントは未利用エネルギー導入によるエネルギー源の多様化、電力負荷平準化のための蓄熱槽導入などによって複雑になり、熱供給の需要家も景気の変動とともに増減するなどして外的条件が変化することも多い。これらの理由により、熱供給プラントを高効率に運用することがますます難しくなってきた。

熱供給プラント運用の最大の課題は、熱負荷予測¹⁾の精度向上と短時間での運転計画立案である。

ここでは熱供給プラント運用の高効率化(省力・省エネルギー化)を実現するために日立製作所が開発したニューロと物理モデルによる高精度熱負荷予測システムと、遺伝アルゴリズム応用短時間蓄熱運転計画について述べる。

2 熱供給プラント運用システムの概要

熱供給プラント運用システムは、プラント内の熱源機器、蓄熱槽、コージェネレーションや補機設備の運用の省力・省エネルギー化を推進するための熱需要予測機能・運転計画機能を搭載したものである。

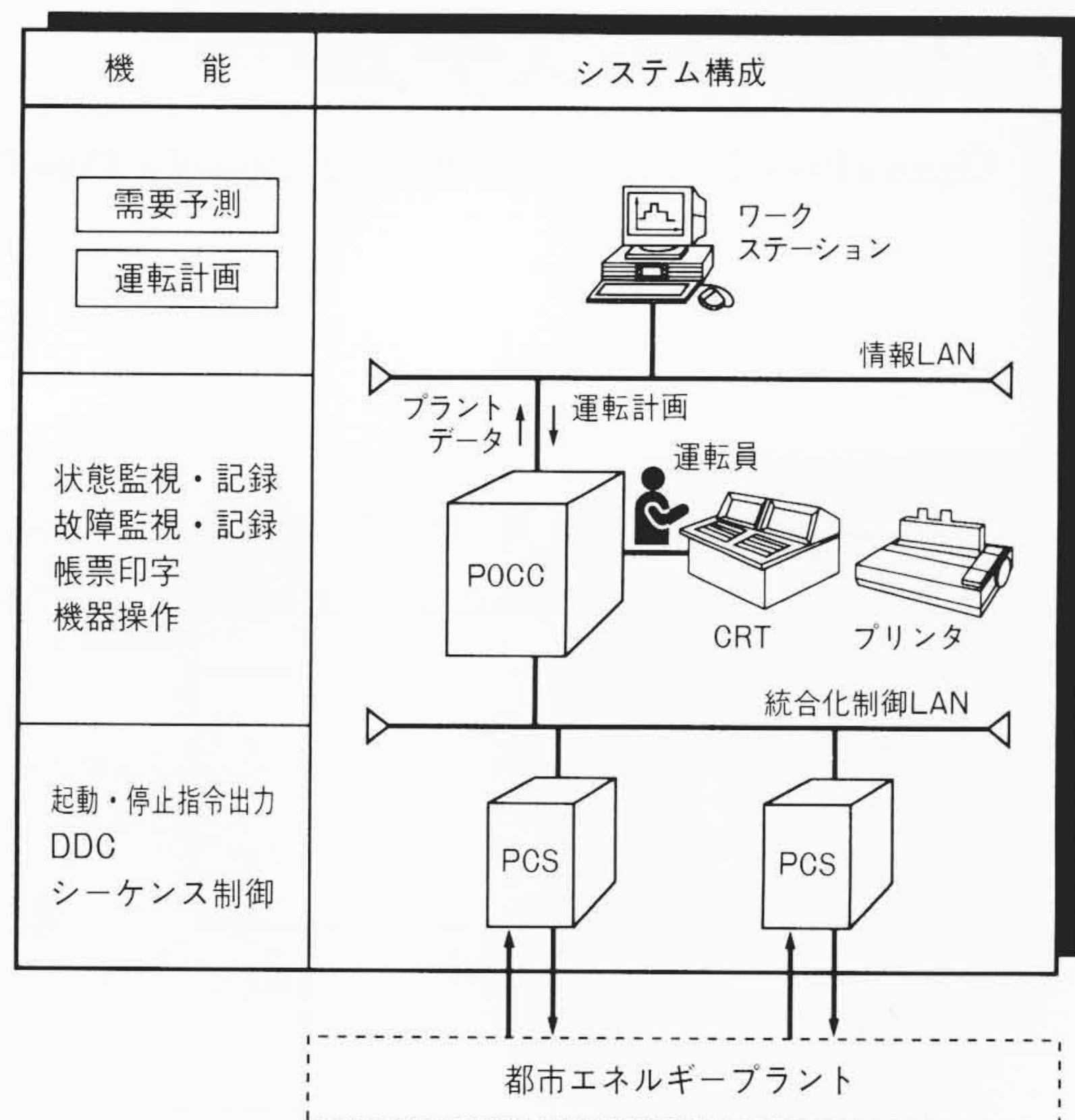
プラント運用システムをEIC(電気・計装・計算機)制御統合システムHIDC-AZによって実現するシステム構成例を図1に示す。プラントとの入出力・制御を行うコントローラPCSは、統合化制御LANによってプラント内の各所に分散設置できる。需要予測・運転計画機能・ヒューマンインタフェース機能とともにPOCCに搭載される。

また、需要予測に用いるニューラルネットの構築、学習などのオフライン処理はワークステーションで行い、機能分散を図っている。

3 物理モデルによる予測手法

日立製作所は東京ガス株式会社と共同で過去に経験のない熱負荷を精度よく予測するため、ニューラルネット²⁾で得られた熱需要パターンを修正する、物理モデルによる予測手法を開発した。

ニューラルネットによる熱需要予測では、過去のデータを基に学習するため、需要家増などによる過去経験のない需要変動に対して予測精度が低下するという弱点がある。このニューラルネット応用熱需要予測に、大気条



注：略語説明

DDC (Direct Digital Control)

POCC (Process Operation's Console Controller)

PCS (Process Control Station)

図1 都市エネルギープラント運用システム構成例

監視制御機能と需要予測・運転計画機能とでハードウェアを分離し、機能の分散化を図っている。

件を考慮する物理モデルによる予測修正機能を追加した熱需要予測処理フローを図2に示す。入力された最高・最低気温などの予報値が、それまで学習した範囲から外れている、すなわち未経験データの場合、ニューラルネット²⁾で得られた熱需要パターンのピークを、物理モデルによって求めた1日のピーク負荷に合致するよう熱需要パターンを修正する。

物理モデルによる予測修正が必要となるのは、以下の場合である。

- (1) 気象記録がないほど暑い日・寒い日を迎える場合(未経験の外気条件)
- (2) 新しいビルが需要家として加わった場合(需要家数の増減)
- (3) 季節の変わり目、空調開始・停止時期を迎える場合

これらの場合での、物理モデルによる熱負荷の予測手法を図3に示す。図2に示す履歴データが豊富な領域④には、熱予測に従来と同様ニューロモデルを適用し、履歴データが乏しいかあるいはほとんどない領域⑤、⑥、⑦には、物理モデルを加味して予測する。

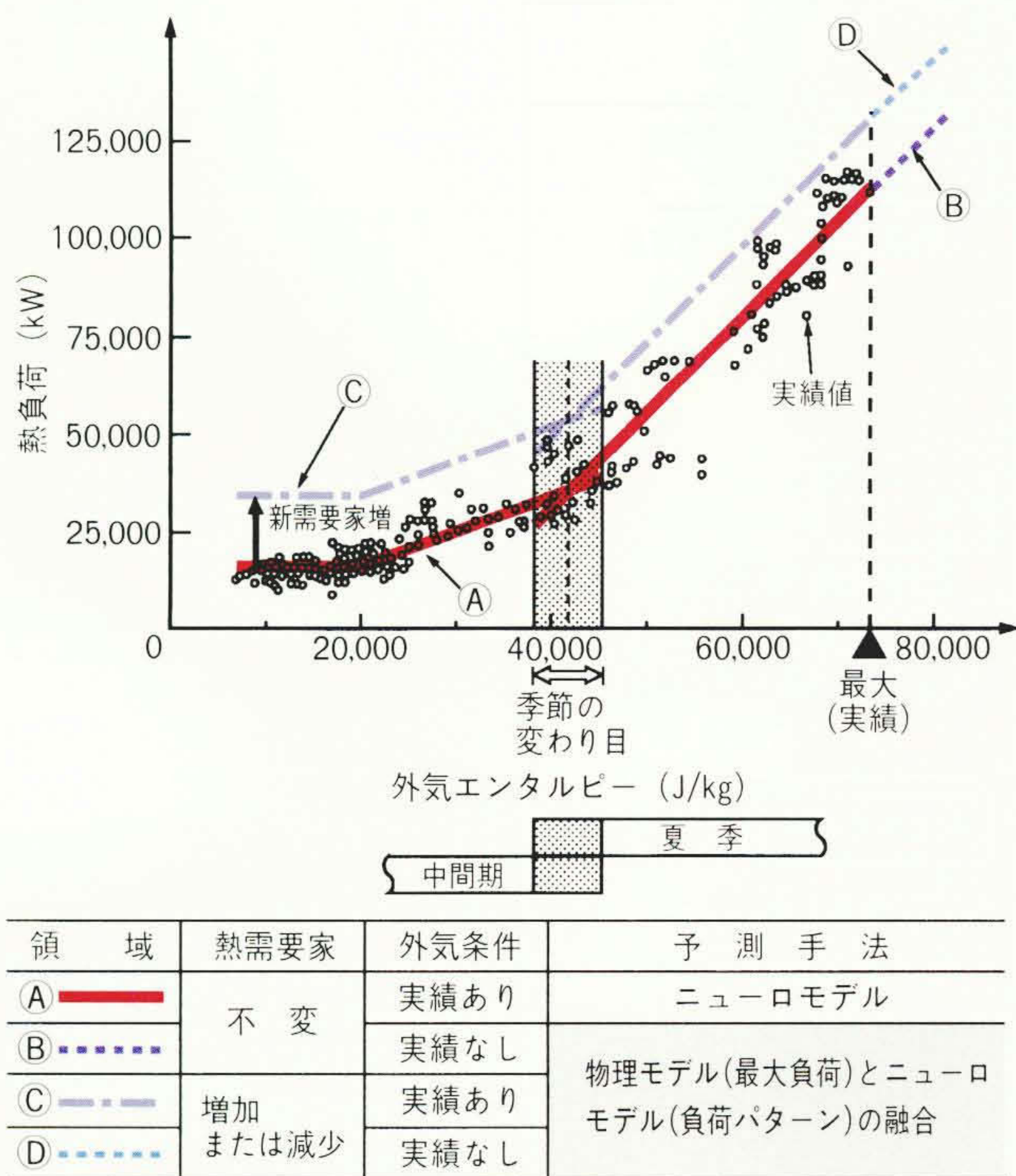


図2 熱需要予測処理フロー

物理モデルによる予測修正は、未経験負荷予測時に機能を発揮し、予測精度を向上させる。

4 遺伝アルゴリズム応用蓄熱運転計画

熱供給プラントの最適運転計画とは、使用するユーティリティ(電気、ガスおよび水)の使用量の合計値を最小にすることである。特に蓄熱槽を含むプラントの運転方法は多様なケースが考えられるため、最適計画決定には数時間も要することが多かった。

蓄熱計画を短時間に作成するため、「生物の進化の過程を模倣した最適化技法」である遺伝アルゴリズム²⁾を応用した計画手法を開発した。その概要を図4に示す。

まず、蓄熱計画を染色体と呼ばれる一次元の配列で表現し、あらかじめ複数ケース作成する。そして、その計画に従ってプラント運転を行った場合の運転コストを計算し比較評価する。コストが小さい計画を増殖(複製)し、コストが大きい計画を淘汰(とうた)(削除)する「選択」や、交差、突然変異という方法で新しい計画を作成する「組み替え」といった操作を繰り返すことにより、運転コストが最小となる最適な蓄熱計画を作成する。

一般に遺伝アルゴリズムでは、計画を組み替える際に、どの部分を組み替えるかをランダムに決定する。しかし、ここでは冷・温熱発生のコスト原単位を指標としたルールを用い、人為的に組み替えを操作しているので、

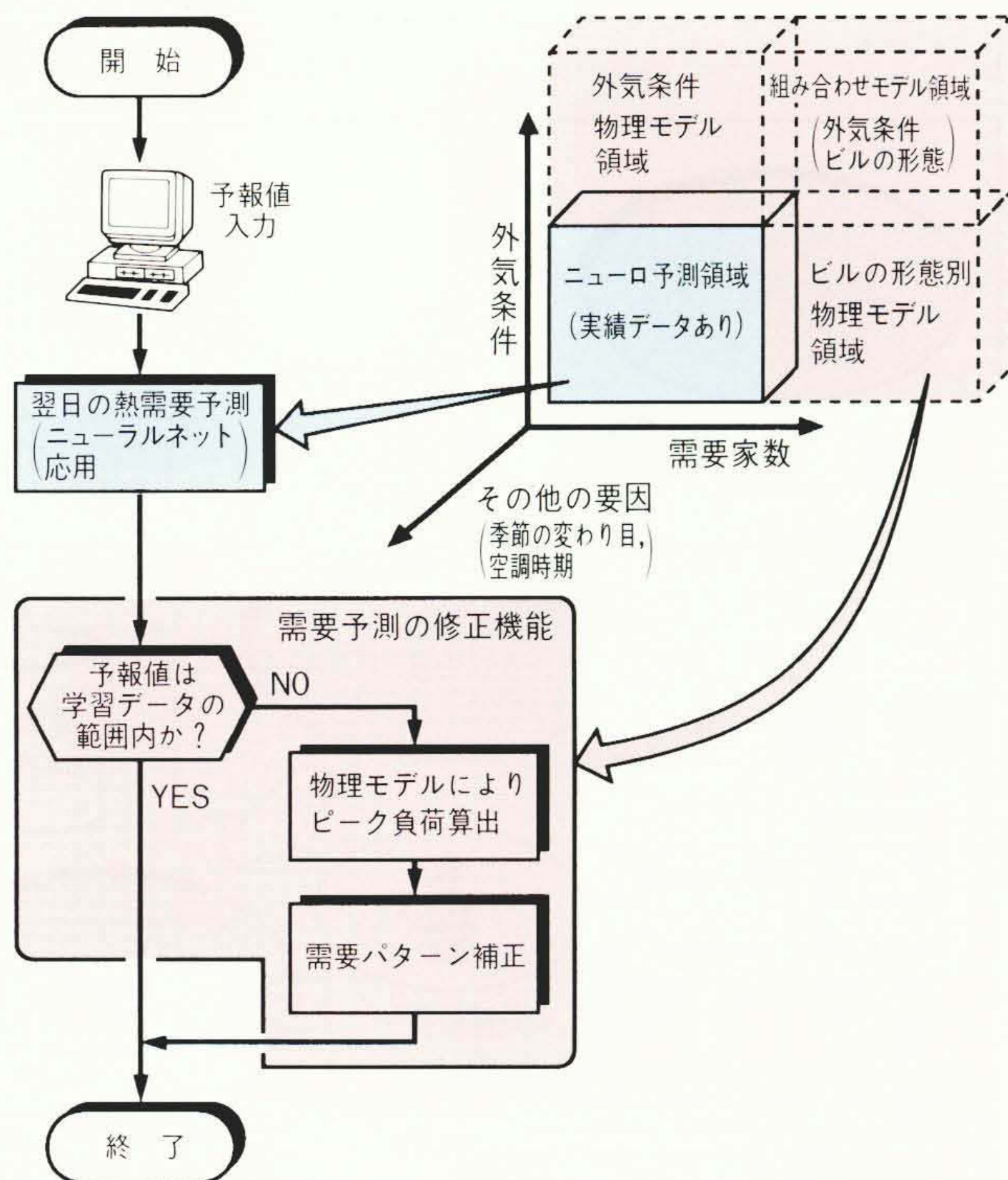


図3 物理モデルによる予測

需要家の増加や過去にない暑い日(寒い日)では、物理モデルに基づいて予測を行い、予測精度の向上を図る。

短時間での計画作成が可能となる。

あるプラントを対象に、熱需要量を仮定し、運転費のシミュレーションを行った。従来のDP法(動的計画法)³⁾では、厳密に運転コストが最小となる最適解を求めることができるが、計算に120分を要する。そこで、遺伝アルゴリズムをルールなしでそのまま用いる場合と、ルールを用いて組替えを行う場合の作成時間を比較した。最適

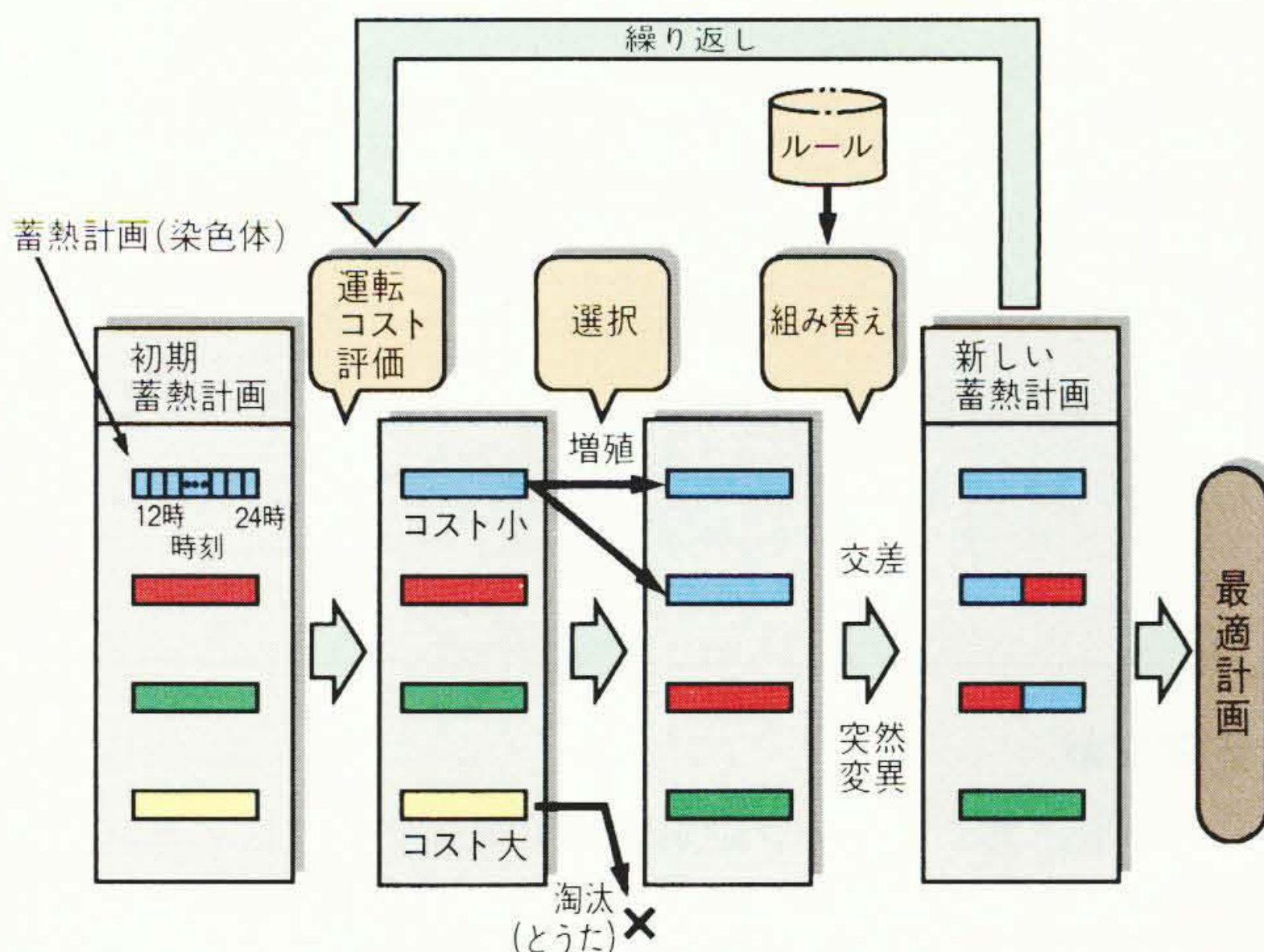


図4 遺伝アルゴリズム応用蓄熱運転計画の概要

生物の進化過程を模倣した最適化技法である遺伝アルゴリズムを、熱供給プラントの蓄熱運転計画に適用し、短時間での計画立案を図る。

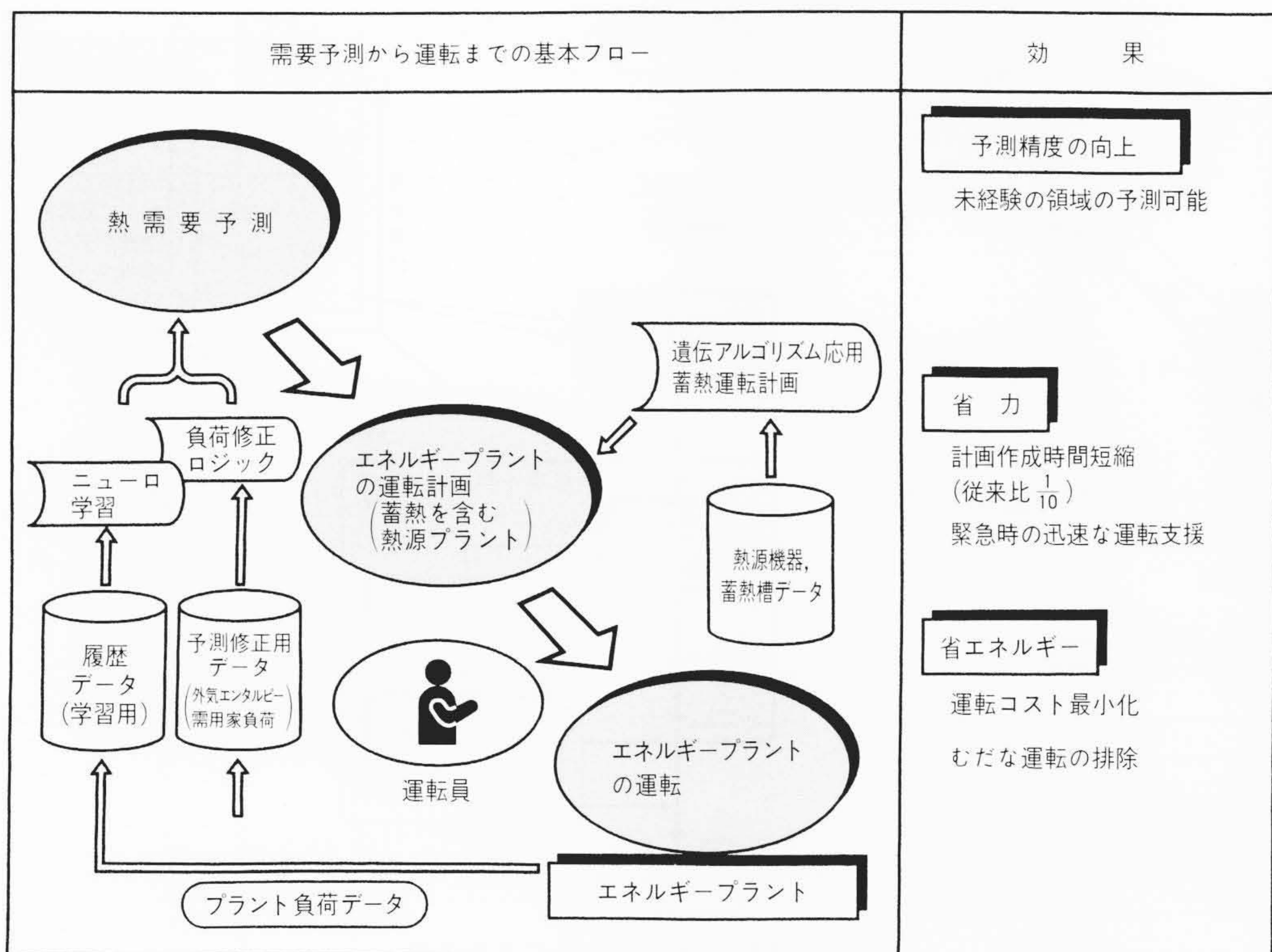


図5 運用システムの基本フローと導入による効果
 高精度の熱需要予測と運転計画を一元化することにより、柔軟なプラント運用が可能になる。

解との運転コストの差が0.5%以内を目標とすると、前者は25分、ルールを用いた後者は12分となり、後者ではDP法に比べ処理時間を $\frac{1}{10}$ に短縮することができた。以上により、ルールを用いた遺伝アルゴリズムの手法は、十分実運転計画に用いることができるとの見通しを得た。

5 運用システム導入による効果

ニューロを応用した熱需要予測は、過去経験したデータをベースとした予測手法である。物理モデルによる予測手法をこれに加えることにより、予測精度の向上が図れ、未経験の負荷領域でもあたかも経験したかのように予測が行える。また、短時間で蓄熱運転計画が作成できるので高効率・省力運転を実現できる。さらに急激な外乱発生や、プラント機器側の緊急停止などの事態が生じても、運転計画を容易に修正できるので、運転に柔軟な対応ができエネルギーの浪費を避けることができる。

熱需要予測と運転計画を一元化することにより、初めて省力が可能になる。運用システム導入による効果を図5に示す。

6 おわりに

ニューロによる熱需要予測の弱点とされる実績データがない新設のビルの負荷を、全体の熱負荷に精度よく追加する予測モデルを開発した。また、蓄熱槽を含む複雑なプラントの運用計画を短時間で作成する技法を、遺伝アルゴリズムを用いて開発した。

プラントの運転は、外的条件が変動しても自動的に対応することが理想である。

日立製作所は、今後も熱供給プラント運用の自動化、無人化を目指して技術開発を進めていく考えであり、東京ガス株式会社新宿地域冷暖房センターに納入済みの熱供給プラントへ本モデルの適用を目指している。

参考文献

- 1) 中原, 外: ニューロ応用需要予測法と熱供給プラントの適用, 日立評論, 75, 2, 141~144(平5-2)
- 2) J. H. Holland: Adaptation in Natural and Artificial

Systems, Univ. Michigan Press (1975)

- 3) 伊東, 外: コージェネレーションの最適計画, 産業図書 (1990)