

# 鉄道業界におけるエキスパートシステム

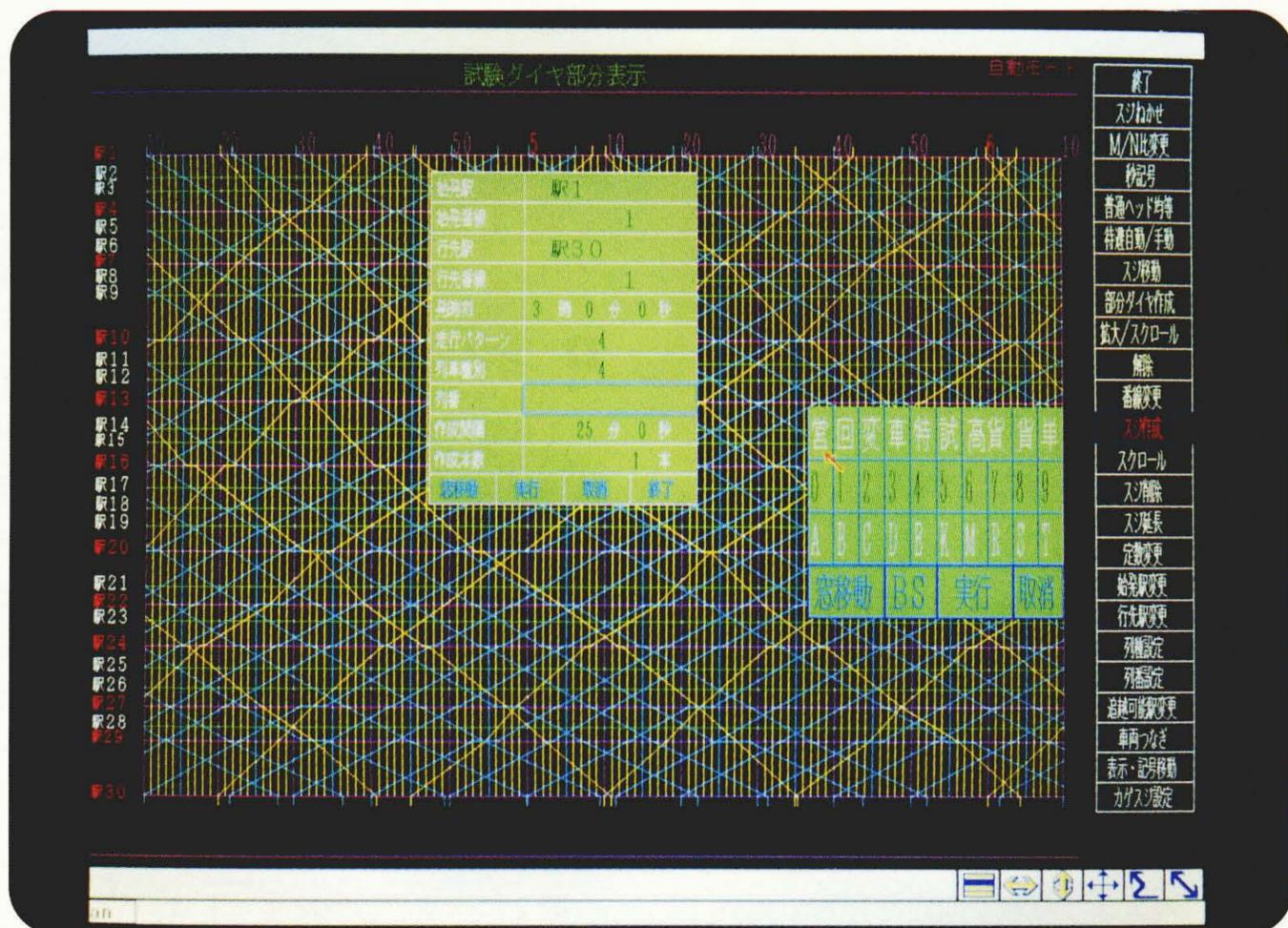
—列車ダイヤ作成支援エキスパートシステム—

Expert System As Used in the Railway Industry

—Train Scheduling Expert System—

岡 孝生\* Kōsei Oka

鶴田節夫\*\* Setsuo Tsuruta



列車ダイヤ作成支援エキスパートシステムで作成したダイヤグラム AI技術を導入し、専門家のノウハウを取り入れて短期間で列車ダイヤを作成する支援システムである。

鉄道業界では年々増加している乗客を、迅速、スムーズ、かつ安全に目的地へ輸送することが大きな課題となっている。列車を運行する上でベースとなるものに列車ダイヤグラム(以下、列車ダイヤと略す)がある。よりよい列車運行にはきめの細かい列車ダ

イヤが要求されるが、この列車ダイヤは熟練したエキスパートが何ヶ月もかけて作成しているのが現状である。そこで、AI技術やコンピュータパワーを活用して、より短期間に列車ダイヤを作成できる支援システムを開発した。

\* 日立システムエンジニアリング株式会社 \*\* 日立製作所 システム開発研究所 工学博士

### 1 はじめに

最近、鉄道業界は車両、その他のハード性能の向上、多種多様のレジャー商品等のソフト面の充実などで目覚ましい発展を遂げている。それに伴い、列車本数の増加や運行間隔の短縮が強く求められているが、それには列車運行方式の改良が必須(す)条件となる。列車運行は、列車ダイヤグラム(以下、列車ダイヤと略す。)という列車の動きを図で表したものを基に行う。その列車ダイヤは、専門家数人が数ヶ月もの日数をかけて作成している。一方、最近のエキスパート人材の不足により、列車ダイヤの作成に十分な人員を投入できないといった問題がある。列車ダイヤ作成の専門家の育成には長い期間がかかるため、その問題への対応も急務となっている。

これらの問題点を解決することを目的に、AI技術とコンピュータによる処理を用いた列車ダイヤ作成支援エキスパートシステムを開発した。

ここでは、このシステムの基本概念と実現方式について述べる。

### 2 列車ダイヤ作成の課題と従来技術の問題点

列車ダイヤ作成には複雑な計画問題が伴う。有用な解を得るのに必要な目標や制約条件は、処理が進むまで不明確な部分が多い。さらに列車ダイヤ作成者には営業的知識や常識も必要となる。

数理計画法では、このような複雑な問題を目的関数や制約条件に定式化することは困難であった。また、ルールベースシステムでは列車ダイヤ作成者の知識を階層的に分割・整理して表現するのが容易ではないという問題があった。

### 3 目的協調型AI技術による解決方式

エキスパートは、列車ダイヤ作成という目的を一定時間周期の部分ダイヤ(パターンダイヤ)<sup>※1)</sup>作成、1日分のダイヤへの展開などの下位目的に分割する。それぞれの下位目的は、さらに単純で容易に達成可能な、より下位レベルの目的に分割して解く。下位目的の実行や相互調整・統合が難しい場合には、目的の分割や実行・調整の戦略を変更する。

※1) パターンダイヤ：列車種別や列車本数などの各種条件を満たし、かつ定められた時間内での周期性を持つダイヤである。

このシステムでは、以下に示す知識のモデル化に有効な知識表現方法の特徴とする目的強調型AI技術によって上記問題の解決を図った。

- (1) 上位レベルの知識は、目的戦略ネットと呼ぶ目的と戦略の階層ネットワークの形で表現する。目的にはこれを達成するために選択的に使われる分割用、実行用などの各種戦略が結合されている。分割用の戦略にはさらに下位レベルの目的が結合し、再帰的な階層ネットワークを構成する。このネットワークは、知識の階層的な分割(モジュール化)、統合に有効なフレームやオブジェクトを用いて記述する。
- (2) 下位レベルの知識は変更の容易なプロダクションルール、およびオブジェクト(またはフレーム)に組み込んでパッケージ化した手続きによって表現する。

### 4 システム構成と動作フロー

1日分のダイヤの基本となるパターンダイヤ作成に目的協調型AI技術を適用したシステムの構成を図1に示す。このシステムは、目的協調推論エンジンとパターンダイヤ作成知識ベースから成る。目的協調推論エンジンは、目的の取り出し、目的の下位目的展開などを行う目的管理部と、戦略の選択、実行を制御する戦略管理部から構成される。パターンダイヤ作成知識ベースは、他階層の目的戦略ネット(図2)の下にルール、手続きを結合した階層構造である。

図2に示す目的戦略ネットは、最上位目的を達成するために列車種別ごと作成と駅ごと作成の二つの戦略を持ち、選択可能なことを表現している。前者は、優等列車

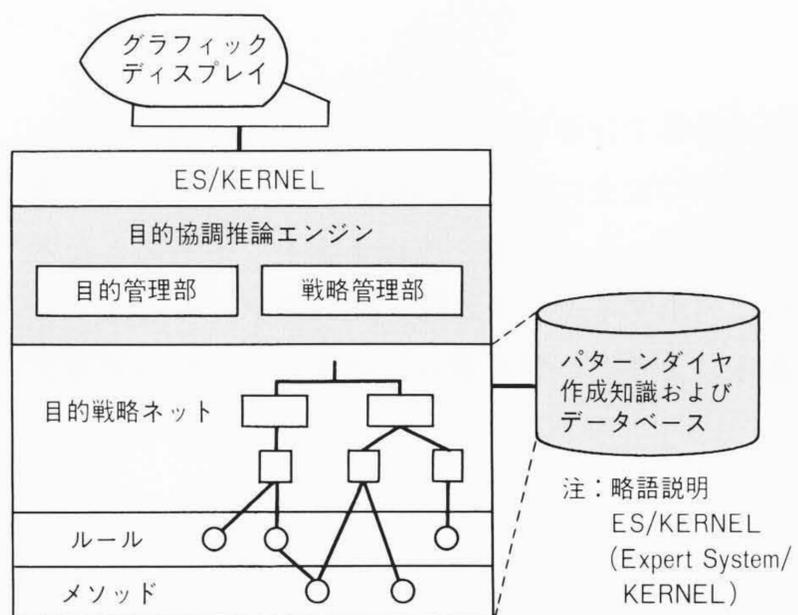


図1 パターンダイヤ作成のシステム構成 ES/KERNELを導入した目的協調推論エンジンとパターンダイヤで構成するシステムである。

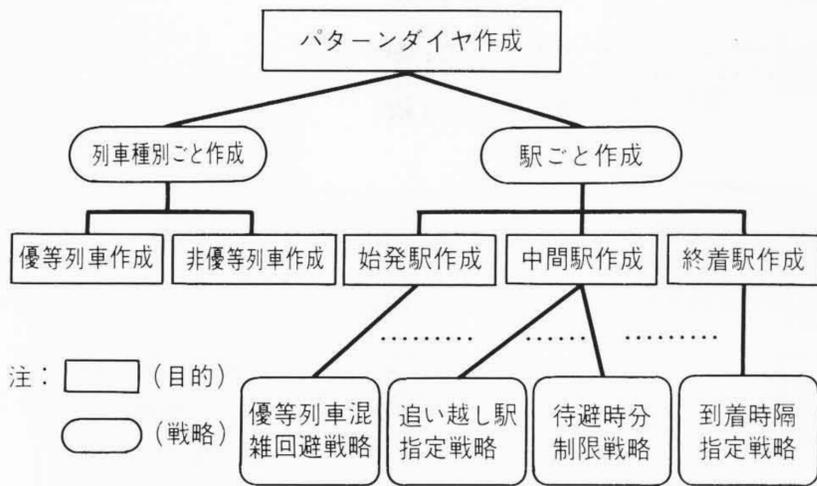


図2 パターンダイヤ作成目的戦略ネット 目的戦略ネットの下にルール、手続きを結合した階層構造である。

のダイヤを作成した後に、非優等列車を追加する戦略を示す。後者はすべての列車種別に対して始発駅、中間駅および終着駅の順にダイヤを作成する戦略を示す。以下、詳細は割愛するが、このような目的分割によって、これら下位目的間の調整と統合、つまり協調を行うための知識を表現している。

この目的戦略ネットに従って、目的協調推論エンジンが目的分割、戦略選択を行い、下位目的の実行・調整・統合をとり、複雑な列車ダイヤを生成していく。

### 5 目的協調型AI技術の有効性

1時間分の列車本数指定によって作成された列車種別数が3の場合の多列車種別高速・高密度パターンダイヤ案の一例を図3に示す。これは基準列車との走行時間差を示した相対表示ダイヤ[同図(a)]であり、縦軸は駅間距離を、横軸は走行時間差を示す。

多階層の目的戦略ネットを特徴とするオブジェクト、ルールおよび手続きの複合型<sup>1)</sup>の知識表現により、目的協調型AI技術は複雑大量な知識の階層化、モジュール化を容易にし、その可読性、理解性を高めた。このため、列車種別の多い高速・高密度なダイヤ作成に必要な複雑な知識の構築・変更が容易となった。

その結果、図3に示すように、続行時隔条件、待避時分や待避本数、さらに急行の待避駅指定などの営業上の基本条件を満足したダイヤ案が10秒以下で作成できるようになった。

### 6 AI技術を取り入れたシステムの開発

上記AI技術をベースに開発された列車ダイヤ作成支援エキスパートシステムの全体構成と、処理の流れを図4に示す。

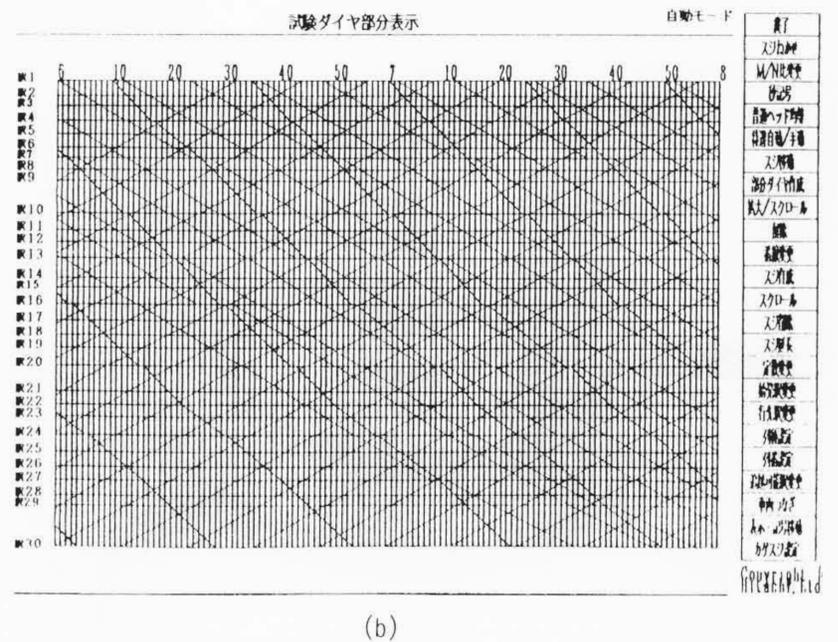
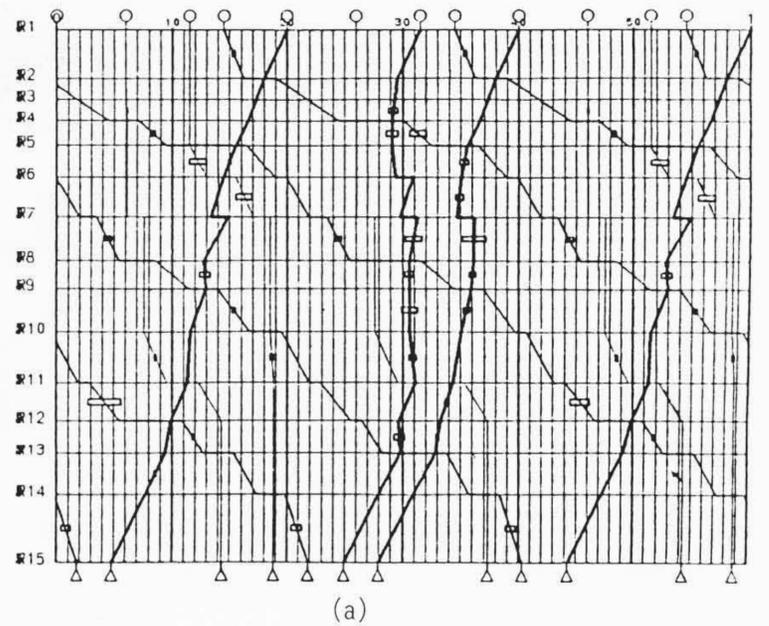


図3 多列車種別高速・高密度パターンダイヤ出力例 相対表示を(a)に、標準の表示を(b)に示す。

上記のパターンダイヤを、1日分の列車ダイヤに展開することによって基本ダイヤ<sup>※2)</sup>が作成できる。AI技術・ワークステーションを駆使し、列車ダイヤが効率よく作成できるようになった。また、ワークステーションを用いて、人手によって行われていた列車ダイヤを時刻表へ展開する作業の時間短縮も図った。

このシステムを用いることでダイヤ作成の専門知識を持たない人でも短期間でダイヤを作成できるようになった。実用化のためには、ダイヤ作成論理の解決以外に、ダイヤ図出力、時刻表出力、運転手続入力などの周辺機能も必要である。このシステムでは、これら

※2) 基本ダイヤ：1年間を通して(ダイヤ改正ごとに変更する。)使用する基本となる列車ダイヤのことである。基本ダイヤの作成は、パターンダイヤを1日分のダイヤに展開して行う。

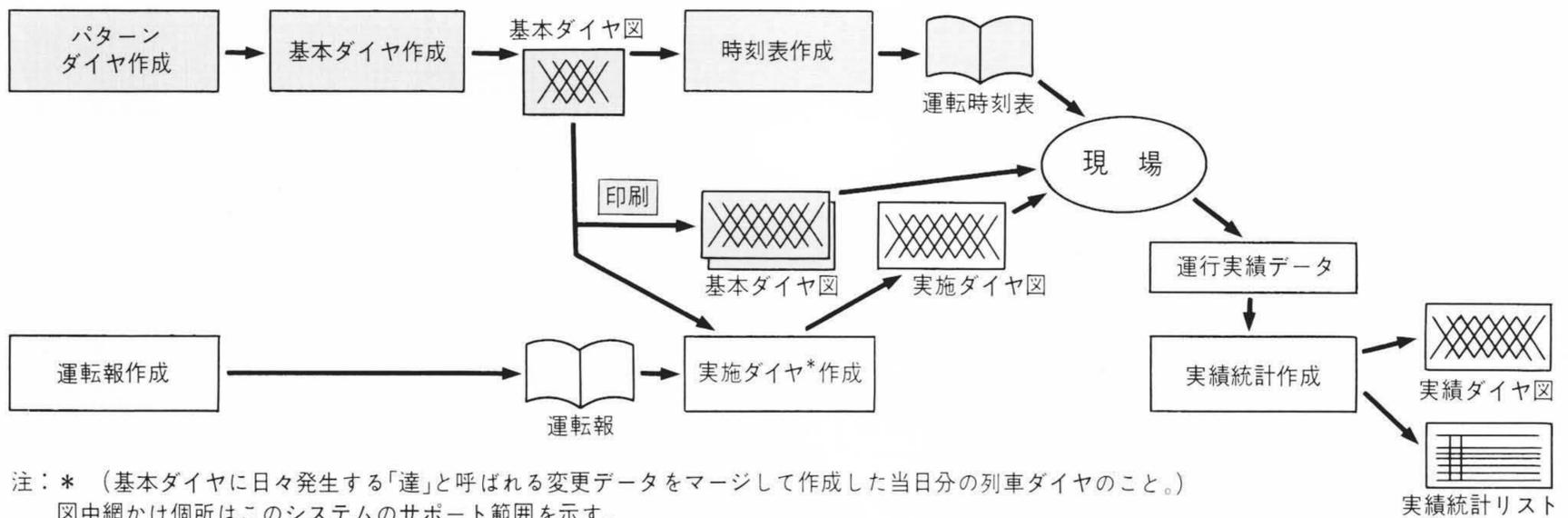


図4 列車ダイヤ作成支援エキスパートシステムの全体構成と処理の流れ  
 ダイヤ改正に向けて1本、1本すじ(列車の動きを線で示したものを)を書き込む作業にAI技術を導入し、ダイヤ作成時間の短縮を図る。

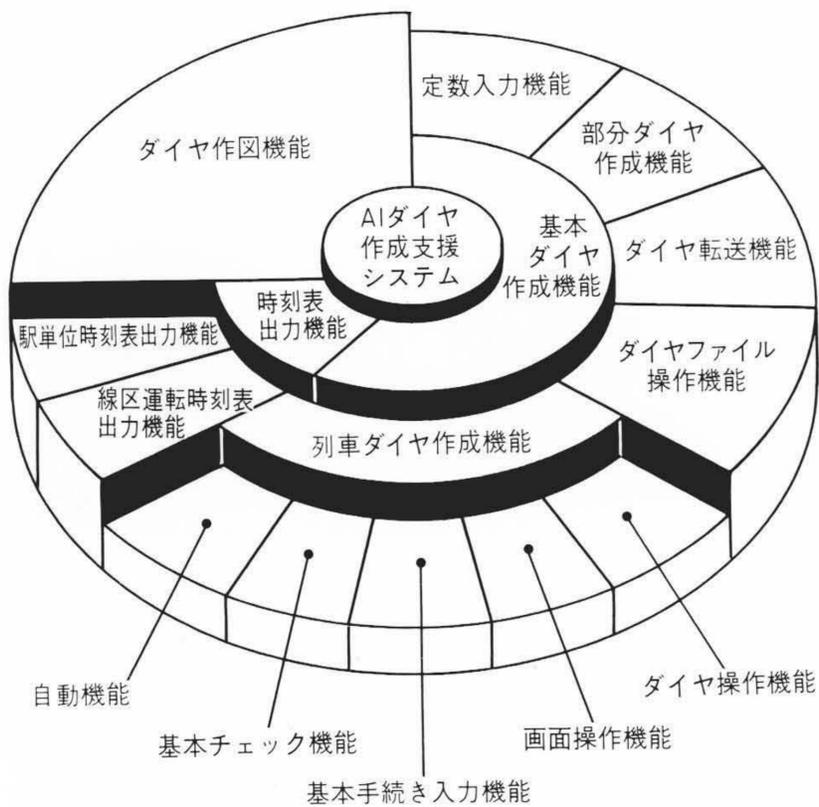
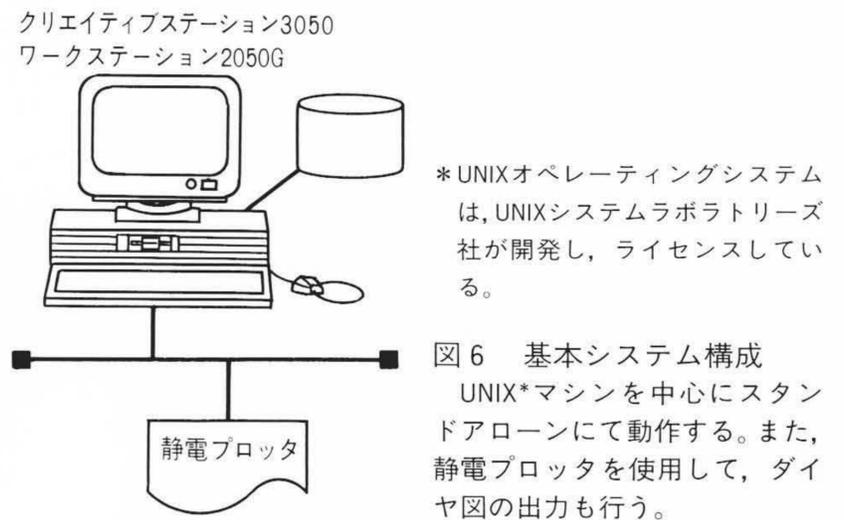


図5 機能一覧  
 ダイヤの作成機能を中心として、ダイヤ図出力などの豊富な機能を持つ。

の周辺機能も合わせて開発している。このシステムの機能一覧を図5に、システムの動作環境を図6に示す。

## 7 おわりに

ここでは、AI技術を導入することにより、ダイヤ作成作業時間の短縮を図った列車ダイヤ作成支援エキスパー



トシステムについて述べた。今後は未サポートの作業、例えば、車両・乗務員運用<sup>※3)</sup>作成といった専門知識を必要とする作業へのAI技術の導入、および基本ダイヤに毎日の臨時列車のマージを行う実施計画作成といった、手間のかかる作業の支援にワークステーションを活用していく。これらにより、安全、快適かつ1分でも早く目的地に着けるような利用しやすい列車ダイヤの作成支援システムの開発を行っていく。

※3) 車両・乗務員運用：車両運用とは、列車ダイヤに車両を割り当てることであり、乗務員運用とは列車ダイヤに運転士・車掌を割り当てることを言う。

## 参考文献

- 1) Turuta, S., et al.: A Knowledge-based Interactive Train Scheduling System.....Aimed at Large-Scale Complex Planning Expert Systems, Proceedings of Int. Workshop on Artificial Intelligence for Industrial Applications 1988 IEEE, Hitachi, Japan, pp.490~495, 1988.
- 2) 鶴田, 外: 協調推論型知識処理の一方式, 情報処理学会誌, 第30巻, 第4号, (1989-4)