

車両運用計画エキスパートシステムの開発

7Q-4

青柳 良子*、加藤 貴春**、藤原 彰**、田中 一成*、藤原 裕二*
* (株) 東芝 ** 阪急電鉄 (株)

1. はじめに

鉄道の車両の基地である車庫内には多くの車両が在籍している。車両は毎日既に決まっているダイヤ(系統と呼ぶ)に従って運用されるが、どの車両がどの系統を走るかは毎日専門家の手で決定されている。系統には表示幕設備車両の車種指定や、検査の有無などの属性があり、専門家はその制約を考慮しなければならない。

一方、車両は系統を走る合間に、法律や規則により定められた検査や、車体洗浄などの作業を行う必要がある。

車両運用計画は、これらの条件をあるものは必ず、あるものはできる限り満たしつつ、系統及び作業を、車両に割り当てる作業である。

今回この車両運用業務を行う実運用のスケジューリングエキスパートシステムを開発した。本システムは、スケジューリング機能の他に、車庫内の車両の物理的な配置計画を行う留置計画、故障時の車両検索、車両データの管理、各種帳票の出力などの機能を備え、鉄道車庫における車両運用業務全般をサポートしている。

本稿では、本システムの推論機構構築方法を報告する。

2. 問題分析

本システムは1種類のリソース(編成:車両の運用の単位)に2種類のジョブ(系統と作業)を割り当てるスケジューリング問題である。編成、系統、作業数は次のとおりである。

編成数	約 40
系統数	1日 約 60
作業種別	1日 約 5

系統の中で、夜の間には駅に泊まる回送系統と、運用後に検査を行う系統が割当のポイントとなっており、これらを周期的に編成に割り当てることが重要である。

エキスパートシステム化にあたって主に次の3つが問題になる。

- 膨大な量の制約条件
車両運用業務には法律や社内の規定があり、細かい制約条件がある。

② ジョブが2種類

系統は1日の本数と運行される時間が決まっており、編成を決定する必要があるのに対し、作業は割り当てる編成が決まっており、割り当てる日時を決定する必要がある。すなわち、縦(編成)と横(日時)との整合をとりながら、割り当てる必要がある。

③ 実運用システムとしての性能

実システムであるため、許容できる範囲の推論速度で、満足のいく割当結果を出さなければならない。

これらの問題を克服するために、推論の基本構造として次のものが必要になる。

- 全ての条件に対応できる柔軟な、かつ知識が膨大な量になっても分かりやすい洗練されたルール構造。
- ルールをある程度の時間内に実行できる処理能力を備えた推論機構。

3. 構築方法

(1) 推論の流れ

推論部は東芝の開発したエキスパートシステム構築ツールTDES3を利用しており、知識ベースはフレーム構造とプロダクションルールから構成されている。

編成と系統・作業の割当は、候補作成と条件検査を繰り返して行う、生成検査法を使用し、「割当候補作成→条件検査→割当」のサイクルで行う。(図1)

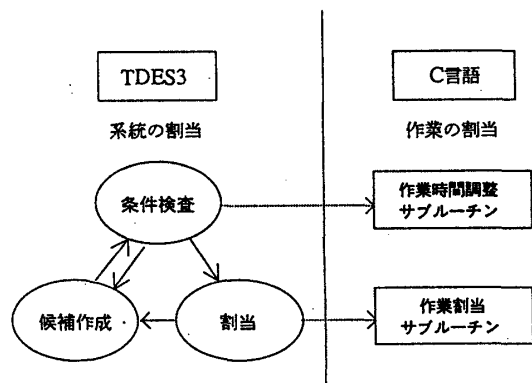


図1. 推論の流れ

Development of Scheduling Expert System for Train Assignment

Yoshiko AOYAGI*, Kazunari TANAKA*, Yuji FUJIWARA*, Takaharu KATO**, Akira FUJIWARA**

*TOSHIBA Corporation, **Hankyu Corporation

つまり車両と系統の割当候補を作成し、これが条件を満たしているか検査し、条件に合致すれば割り当てるといものである。

全てのルールは、サイクルの1つ1つに対応する次の3種類に分類され、ルール全体の構造は簡潔で分かりやすいものになっている。

- ① 戦略ルール … 割当候補を作成する
- ② 条件検査ルール … 制約条件検査を行う
- ③ 割当ルール … 割り当てる

この3つの間の流れはルールの優先度で制御しており、推論を一度起動すると後は自動的に進んでいく。

(2) 知識変換方法

制約条件、割当の候補を作成する戦略知識を、次の方法でプロダクション形式に統一的に変換した。

専門家の持つノウハウは次の4つのタイプがある。

- ① ~する
- ② ~した方がいい
- ③ ~しない方がいい
- ④ ~してはいけない

①、②は戦略知識（前節の「①戦略ルール」に相当）となり、強制度の高いものから優先度を変えて表現する。

④は制約条件知識（前節の「②条件検査ルール」に相当）となる。

③は②の逆と考える。つまり、④の知識は「③の逆をした方がいい」と解釈する。

また戦略知識（①②）が制約条件知識（④）の逆になることから、④の知識は、制約条件として条件にあわない候補を削除するだけでなく、「④の逆をする」という戦略知識にも変換する。

(3) 作業の割当方法

系統の割当は全てプロダクションルールで記述するが、作業の割当は時間を分刻みで調整する必要があるため、プロダクション形式で表現しにくいことから、主にC言語で記述する。

作業の割当も系統と同様、割当サイクルに従って進められるが、実際はルールからC言語のサブルーチンを呼び出している。（図1）

(4) チューニング方法と高速推論

推論部では高性能の戦略ルール群による後戻りや入れ

替えのほとんど無い高速推論を実現している。

というのは、割当サイクルを用いて入れ替え用のルールを起動させると、非常に時間がかかる。

また、車両運用計画システムは非常に制約条件が多く、また、ジョブの属性が多いため、割り当てる局面に応じて特殊な戦略ルールを使用している。したがって最初に荒割当をしてもほとんどを変更し直さなければならないが、変更しようにも作業や検査や他の制約条件がからみ、容易に候補はみつからない。

そのため知識ベース構築の過程で推論に行き詰まりが生じた場合は、入れ替えルールを作るのではなく、候補作成ルールの精度をあげて対応し、結果的に高性能の戦略ルール群による高速推論を実現した。

4. 結果

割当のノウハウをルールの形に統一的に変換する方法と、TDES3のルールの優先度を利用した割当サイクルによる洗練されたルール構造と、高性能の戦略ルール群による後戻りのほとんどない推論システムにより、高速推論を行うスケジューリングエキスパートシステムを開発した。

若干人手による修正が必要であるものの、実用に耐え得る性能を有している。

- ルール数 … 294個
- 推論速度 … 5分~10分（1日当たり）

5. おわりに

本システムは阪急電鉄（株）宝塚線平井車庫で実際に稼働している。実運用は現在始まったばかりだが、推論機能を始め機能の充実が図られる予定である。

本システムを基本に、更に他のスケジューリングエキスパートシステムを構築していきたい。

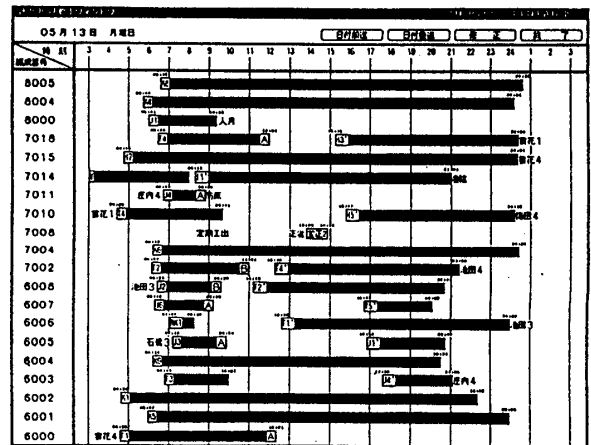


図2. 割当結果