

乗務員運用計画作成支援システムにおける基本モデル

6N-5

片岡 健司 駒谷 喜代俊
三菱電機(株)産業システム研究所

1 はじめに

我々は列車を運行するために必要な運転計画[1]のうち最も重要な列車ダイヤの作成を支援するシステムDIAPLAN[2]を開発したが、DIAPLANで作成した列車ダイヤにもとづき乗務員運用計画を作成するシステムを開発中である。本稿はその内部で用いている基本データモデルについて述べる。本システムは人間が考慮すべき組み合わせを減らすとともに、制約条件のチェックや計画割当ての候補提示、典型的な運用パターンの生成機能などにより、計画作成者を支援することを目的としている。本モデルは専門家の思考過程を分析・階層化し、経験的知識による作成進行手順と各過程での思考単位を模擬可能な構造としているため、専門家の思考過程と整合の取れた形で運用計画の作成を進めることができる。

2 乗務員運用計画

2.1 制約条件

乗務員運用計画問題は、様々な制約条件を満たすように列車ダイヤを必要数の乗務スケジュールに過不足なく割り当てる組み合わせ問題として考えることができる。ここで、考慮すべき制約条件は大きく3つに分類することができる。

(1)物理的制約 主として設備などの関係上乘務スケジュールが必ず満たさなければならない制約。

例：休憩設備を持たない駅で休憩はできない。

(2)局所的制約 1つの乗務スケジュールに対して満たさなければならない制約。

例：休憩時間は合計1時間以上でなければならない。

(3)大局的制約 全ての乗務スケジュールのトータルとして満たさなければならない制約。

例：全乗務員の平均勤務時間は8時間とする。

1つの乗務スケジュールだけを列車ダイヤに割り当てる場合、物理的制約や局所的制約を満たす解は非常に多いのに対し、全ての乗務スケジュールを列車ダイヤに割り当てようとすると、スケジュール同士の相互影響が非常に大きいために局所的制約を満たす解を求めるだけでも困難であり、さらに大局的制約を満たすような解を求めることは非常に困難である。そこで、個々のスケジュールを決める場合に考慮すべき組み合わせ量を減らすとともに、計画作成手順も専門家の作成手順を模擬することで専門家の思考過程と整合を取り、経験的知識に基づいた専門家の試行錯誤的な修正を可能とするモデルを提案する。

2.2 計画問題の作成手順

乗務員運用計画問題における専門家の作成手順は次のように大きく3つの段階に分けることができる。

(1)大枠作成 計画の大枠を決める段階。局所的制約や大局的制約を一部無視し、まず物理的制約を満たす

ように全ての列車ダイヤに各乗務員を割り当てる。

(2)詳細作成 大枠作成で決めた計画をもとに、主として局所的制約を満たすように徐々に計画を作成・修正する段階。

(3)微調整 局所的制約が満たされた時点で、大局的制約の充足を目標に、計画の大枠は変更せず細かく運用計画の一部同士を交換して微調整を行なう段階。

2.3 乗務員運用計画の進め方

乗務員運用計画では作成の進行に伴い制約の取り扱いが変化するとともに、データを取り扱う思考単位の粒度も変化すると考えられる。すなわち、大枠作成の段階では物理的制約をまず満たすようにおおざっぱに計画し、詳細作成では少し細かく考えて局所的制約を満たすように修正し、最後に最も細かくデータを取り扱って大局的制約を満たすように微調整を行なう。

このことから、システムが取り扱うデータを階層的に考え、大枠作成の段階では粒度の荒い階層でおおまかな割当てを迅速に行ない、詳細作成や微調整では粒度の細かい階層で細かい修正を行なうようにすればよいと考える。すなわち、列車ダイヤをデータの集合として捉え、関係の深いデータ同士を何らかの基準で再帰的にまとめ上げ、最上位の階層のデータを各乗務員の乗務スケジュールと見なす。すると、あらかじめ階層的にデータをまとめ上げるための機構を用意し、計画の進行度に応じて対象とする階層を選択する機能を持たせれば、専門家の手順と整合が取れ、専門家の思考過程を模擬しやすくなるため、支援システムとしてふさわしいと考える。

3 列車ダイヤの階層的表現モデル

3.1 リソースと階層

乗務員運用計画では、ある交替可能駅から次の交替可能駅までの列車の乗務、もしくは停車中の列車に対する乗務が乗務員を割り当てる基本単位として考えられる。そこで、我々は列車ダイヤのスジを交替可能駅の着発時刻で切断し、図1のように計画作成で考慮する最小基本単位(サブユニットと呼ぶ)として定義する。すると列車ダイヤは図2に示すようにサブユニットの集合と考えられる。また、通常は列車が駅に到着する際に乗務を交替するため、図2のdとe、fとgのように停車を示すサブユニットと走行を示すサブユニットは常に対で考える。この対をユニットと呼び、

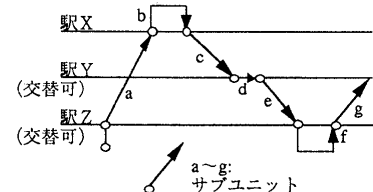


図1 サブユニット

図2 サブユニットの例

計画作成の基本単位とする。

さらに、営業路線の構成や乗務員の運用形態、また専門家による計画作成手法にしたがい、ユニットを階層的に運用パターンとしてまとめることで、関連性の深い複数のユニットやパターンを1つの上位パターンとして取り扱えるようにする。その結果、運用計画問題はユニットを階層的に徐々にまとめ上げて乗務スケジュールとする問題と置き換えられる。そこでデータに階層的な概念を導入し、乗務スケジュールとユニットとの間に運用パターンを表現するための新しいデータクラスを定義する。この中間データクラスは複数階層あってもよい。これらのデータ（サブユニット、ユニット、中間データクラス、乗務スケジュール）を、総称してリソースと呼ぶ。すなわち、リソースは列車ダイヤを階層的に抽象化したデータとみなすことができる。

図3に乗務スケジュールの階層構造の一例を示す。この例では中間データクラスとしてグループ、サブグループと呼ぶ2段階の階層を導入している。サブグループは路線の主要駅間を休憩せずに乗務する運用パターン、グループはある特定の主要駅から出発して同じ駅に戻って来るような運用パターンを示す。乗務スケジュールはグループの集合として表現する。

3.2 ノード

リソースの階層に応じて、着目する駅も異なる。例えば、ユニットは交替可能駅間を結ぶリソースだが、乗務スケジュールは一般に乗務員が所属する駅から出発して最終的に同じ駅にもどり、それ以外の駅が始点/終点になることはない。そこで、各階層毎にリソースの始点/終点となり得る駅、もしくは駅の集合を一般的にノードと呼ぶことにする。すると、リソースはノード間を結ぶアークであると一般化できる。図4に各階層におけるリソースとノードの関係を示す。

実際には同階層のリソース同士の結合、分離、交換という3つの操作を繰り返すことでリソースがまとめ

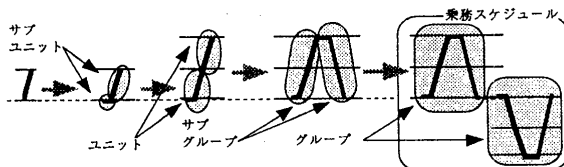


図3 乗務スケジュールの階層構造

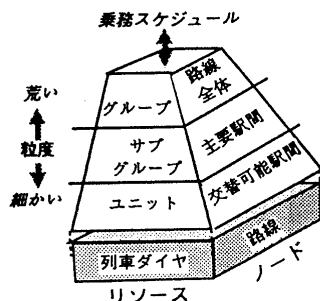


図4 リソースとノードの関係

られ、乗務員運用計画が作成される。

4 運用計画作成の手順と作業階層

これまで述べた階層的データ表現モデルに基づき運用計画を作成する手順として、次に示す4段階に分けて考えることができる。

(1)パターン作成 グループ階層以下のリソースを作成する段階。まず列車ダイヤからサブユニットを生成し、次に、各階層において典型的な運用パターンを作成するために、あらかじめ設定している基準にしたがい関連のあるリソース同士を結合することによって上位リソースを生成する。全てのリソースがまとめられれば、徐々に着目する階層を上位に移し、最終的にサブグループをグループにまとめる。この段階では物理的制約のみを考慮する。

(2)大枠作成 グループを必要数の乗務スケジュールに割り当てる段階。この段階では可能解をまず求めることが目的であり、局所的制約は緩く適用する。

(3)詳細作成 局所的制約を満たすように修正する段階である。全乗務スケジュールの割当て後、着目する階層を徐々に下に移すとともに制約条件を厳しく適用し、各リソースを構成する下位リソース同士を交換するなどして、局所的制約を満たすように修正する。

(4)微調整 大局的制約も満たすようにさらに細かく修正を加える。この段階では、着目する階層は主に最下層となる。全ての制約条件を満たすような乗務スケジュールが作成できれば、運用計画作成は終了する。

図5は計画作成の段階と着目する階層、制約の変化を示したものである。一般には左から右に段階が進行するが、状況に応じて前の段階に戻る場合もある。

5 おわりに

乗務員運用計画作成支援システムで用いている基本データモデルについて説明した。本モデルを利用することによって専門家の作成手順を模擬することが容易になり、手順の一部を徐々に計算機上で実現することによって段階的な自動化が可能になる。現在は基礎的な探索機能を持った支援システムを作成中であるが、今後の研究の進展によってソフトウェア構造を変更せずに容易に自動化機能を向上させることができる。

[参考文献]

- [1]長谷川 豊：トラフィック制御システムにおける分散管理、計測と制御、Vol.26, No.1, pp.57-61 (1987).
- [2]片岡 健司、駒谷 喜代俊：対話型ダイヤ作成支援システムD I A P L A N、電気学会論文誌、Vol.112, No.2, pp.153-162 (1992).

階層	作成段階	パターン作成	大枠作成	詳細作成	微調整
考慮する制約		物理的制約	局所的制約	局所的制約	大局的制約
乗務スケジュール			↻	↻	
グループ		↻	↻	↻	
サブグループ	↻	↻		↻	
ユニット	↻				↻

↻ 結合操作 ↻ 交換操作 ◻ 操作対象

図5 作成の進行にともなう着目階層の変化