

## 6G-6

## 計画型エキスパートシステムの一手法

原山美知子\* 笹森直登\*\*

富士通エフ・アイ・ピー(株)\* 富士通(株)\*\*

## 1. まえがき

航空ダイヤの編成などの計画問題における問題解決の自動化は、オペレーションズリサーチの分野で長年研究されてきたが、実際の問題に対する応用という面からみるとまだ解決されていない問題である<sup>1)</sup>。しかしながら、航空会社のダイヤ編成の現場では計画問題を業務の一つとして解決している技術者がおり、近似的とはいえ各部門の要求に応じた多数のダイヤが組まれている。AIの分野では、これらの設計技術者の手法を利用して計画問題の問題解決を計ろうとしてきた。

しかしながら、設計技術者のノウハウをシステムに取り込むために必要な枠組みはまだ確立されておらず、いわゆる設計型エキスパートシステムの構築のネックとなっている。筆者らは、ダイヤ編成の技術者のノウハウをシステムに取り込むための枠組みを考察し、航空ダイヤの自動編成システムに応用した。本稿ではこの枠組みを計画エキスパートシステムの一手法として報告する。

## 2. 計画エキスパートの知識

以下にダイヤ編成における技術者の知識を示す。

## ①対象世界に関する知識

対象のモデル、制約条件の内容、成立の背景、優先度、問題解決の上での条件の厳しさ

## ②設計手法に関する知識

設計の基本方式、個々の作業における手法(基本操作、操作の適用条件、試行錯誤の方法、効果的なバックトラックの方法)

## ③解に関する知識

解の存在の推定、解の性質

## 3. 対象モデル

ダイヤ編成における対象モデルを以下に示す。

$$D = \{D_i ; D_i = D(s_i)\}$$

$$D_i = (f_1 f_2 \dots)$$

$D$  = ダイヤ,  $D_i$  = 機材  $s_i$  のスケジュール,

$s_i$  = 機材  $i$ ,  $f_i$  = 便  $i$

## 4. 計画の基本方式

ダイヤ編成の流れを図1に示す。初めに制約条件の一部を満たした初期ダイヤグラムが与えられる。初期ダイヤと制約条件との整合性を調べ、不整合部分を順次修正することにより、ダイヤを最適化する。設計の出発点である初期ダイヤも優先度の低い制約条件のひとつで、初期ダイヤグラムからの変動をできるだけ少なくすることが要求される。

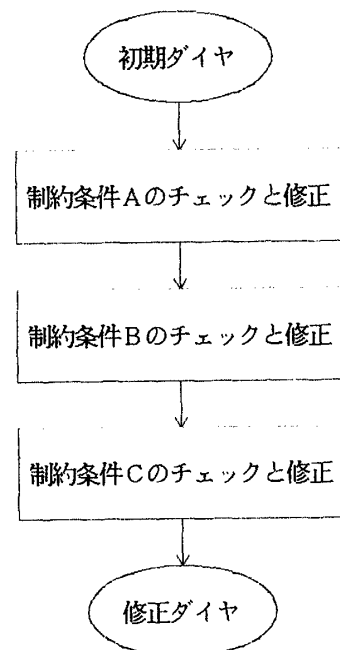


図1 ダイヤ編成の流れ

#### 4. 修正における試行錯誤の枠組み

図1に示す個々の修正作業は、着目する制約条件は異なっても修正手法はほぼ等しい。ダイヤ内のローカルエラーを発見し修正する。図2にローカルエラーの修正の流れを示す。

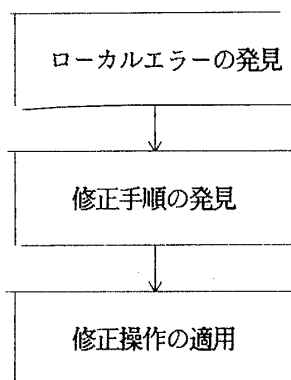


図2 ローカルエラーの修正の流れ

ここでいうローカルエラーとは、ある制約条件を満足していないダイヤの部分である。エラーの例を図3に示す。3地点の () 内は停留施設の数である。a 時点では、 $f_1$  と  $f_2$  の2つの便によってB地に2機材が同時に停留することになるが、B地には停留施設が1ヵ所しかないため、停留することができない。

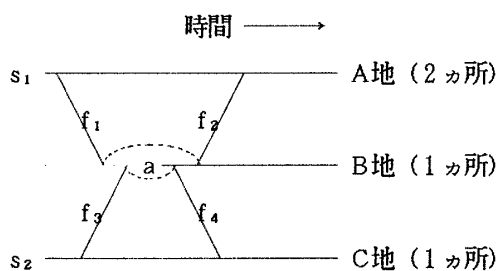


図3 エラーの発見

このエラーの修正例を以下に示す。

- ①  $f_2$ ,  $f_4$  の機材交換。
- ②  $f_3$  を1単位時間遅発。
- ③  $f_4$  を1単位時間早発。

①～③のそれぞれは修正の単位操作で、一連の修正単位操作（修正手順）を適用することによりエラーが修正される。

修正の単位操作の種類はある程度決まったものでそれほど多くないが、パラメータ②の場合、出発の変更時間の取りうる数は、10の3～4乗にのぼり、修正手

順は、これらの組み合わせになる。修正作業はこの修正手順をエラー箇所を中心とした木探索によって発見することに帰着する。

設計技術者の知識は、修正単位操作や修正手順の探索における枝刈りに集約されている。

設計技術者の知識を取り込み、修正手順を効率的に探索するための枠組みとして次のような探索機構を利用した。 $S_i$  をローカルなエラー  $E_i$  の修正手順とすると  $S_i$  は、修正単位操作  $O_j$  の集まりとして表せる。

$$S_i = \{O_j ; j = i, i+1, i+2, \dots\}$$

$S_i$  は他のローカルエラー  $E_{i+1}$  の修正手順  $S_{i+1}$  と1つの修正単位操作  $O_i$  に展開できる。

$$S_i = \{O_i\} + S_{i+1}$$

このようにして逐次エラーを他のエラーと修正単位操作に展開し、エラーの消滅点を探る。これを図4に探索木で示す。探索手順は、探索木の始点と終点を結ぶパスである。

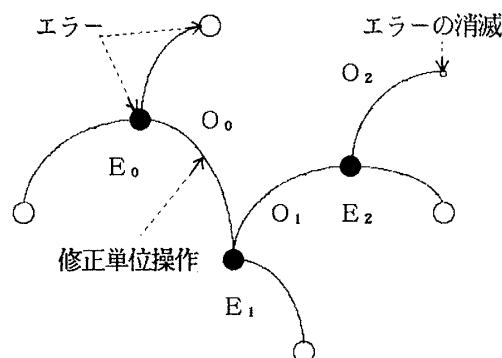


図4 修正手順の探索

#### 5. あとがき

以上のような修正探索機構を航空ダイヤの自動編成システムに適用した結果、技術者のノウハウを自然な形でシステムに取り込むことができ、設計効率の向上を得た。この枠組みは、他のスケジューリングシステムや機械設計の分野にも応用できると考えている。

本稿をまとめるにあたり、ご助力を賜りました全日空(株)業務部の稲田健也氏ならびに富士通(株)科学システム部の多田卓史氏に感謝の意を表します。

#### 参考文献

1. 石井, オペレーションリサーチ, 31(1), 26-35, 1986.