

4Z-2

ダイヤ編成支援システムの実現

大黒 篤¹⁾,
(株)構造計画研究所藤城 寿太郎²⁾,
日本電気ホームエレクトロニクス高本 孝頼¹⁾,
(株)構造計画研究所

1. はじめに

バス会社や鉄道会社の主業務であるダイヤ編成業務は、利用客のニーズ、労働協約の変更、他交通機関との関係、あるいは路線変更等の事情により、絶えず必要となっている。しかし、ダイヤ編成は、長年の経験を積んだ専門家をもってしても非常に時間のかかる作業であり、要求に対応できないのが現状である。

ダイヤ編成を複雑なものとしている原因のひとつに、「線のつながり」の問題がある。線のつながりとは、粗ダイヤを、労働協約や路線・停留所の事情を考慮しつつ、均一かつ効率の良い仕業に分ける作業をいう。つまり、与えられた粗ダイヤを、なるべく少ない資源(人間及び車両)でつながり、なおかつなるべく効率の良い勤務となるように、各仕業に均一分ける問題である。この作業は、従来、「スジ屋」と呼ばれる(少数の)ダイヤの専門家が、長い時間かけて行ってきたため、大幅なダイヤ編成作業は、数ヶ月から1年もの期間を要することもあった。

今回開発した「ダイヤ編成支援システム」は、この線のつながりをシステムが自動的に行なう。本システム全体の構成を図1に示す。図に示すように、本システムは、基本運行計画に基づいて粗ダイヤをCADで作成する「作図サブシステム」、線のつながりを支援する「つながりサブシステム」、路線・停留所データや運行計画等を管理する「データ管理サブシステム」、完成したダイヤから種々の帳票を作成する「帳票作成サブシステム」の4つのサブシステムからなる。

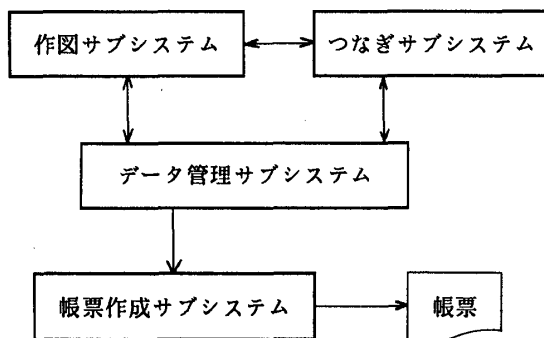


図1 ダイヤ編成支援システムの構成

2. ダイヤ編成作業の流れ

本システムを用いたダイヤ編成作業の流れは、以下のようになる。基本的には、人(必ずしも専門家である必要はない)とシステムによる協調した作業となる。

- ①営業所、停留所、路線等に関するマスターデータをデータベースに登録する。この時、データの完全性・一貫性のチェックを行なう。
- ②基本運行計画を立案する。計画立案に必要な情報(例えば、昨年の運行計画)は、適宜、システムが提供する。また、立案した計画をもとにして、申請に必要な帳票を作成することもできる。
- ③粗ダイヤを作成する。粗ダイヤは、CADを用いて、簡単な方法で正確なダイヤを作成することができる。また、粗ダイヤ作成時に、ダイヤの検証(基本運行計画に合致しているか、明らかに余ってしまうような粗ダイヤはないか等のチェック)を行なう。従来、製図で行ってきたこの作業をCAD化したことによって、粗ダイヤの移動・削除・追加等を簡単な操作で行なうことができる。
- ④粗ダイヤをつないで、各仕業に分割する。つながりサブシステムを使って、粗ダイヤを、労働協約に従いかつ効率良くつなぐ。どうしてもつなげない場合は、人の介入により解決する。介入時に必要な情報(例えば、棒ダイヤやつなげない理由)は適宜システムが提供する。更に、つないだダイヤに対して、仕業の割当を行なう。線のつながりについては、3章で詳しく説明する。
- ⑤線のつながり、仕業の割当を行なった後で(あるいはその途中で)、各仕業の検証を行なう。つまり、各仕業の妥当性(実際に運用できるダイヤか)や均一性(各仕業の勤務は平均化しているか)等のチェックを人とシステムが協調して行なう。この検証の結果、不具合な点があれば、④線のつながり、あるいは③粗ダイヤ作成の作業に戻ってやり直す(従来、ダイヤ編成作業のネックであったフィードバック作業は、非常に簡単に行なうことができる)。
- ⑥ダイヤが完成したら、必要な帳票を自動生成する。帳票の作成も、従来非常に手間のかかった作業であったが、機械化することにより、大幅な時間・労力の削減が可能となった。

3. 線のつなぎについて

本システムでは、線のつなぎ問題のモデルとして、探索問題のひとつである「ゲーム理論」を採用した^[1]。ゲーム理論では、つなぎで有効と考えられる「先読み」や「読み切り」といったいくつかの重要な概念を持っている。

線のつなぎでは、最適な完成ダイヤは、可能な全てのダイヤをつないでみて比較しなければ分からない。

しかし、可能な全てのダイヤをつないでみることは、空間的にも時間的にも不可能であるため、何らかの最適化(「枝刈り」)が必要となる。この枝刈りの方法として、「ヒューリスティックな方法」を用いた^[4]。本システムでは、枝刈りの方法を専門家のノウハウとして取り込み、更に、専門家がそのノウハウをシステムに教えることによって、より賢いシステムを構築することができるようになってきている。

一般に、ダイヤに限らず、専門家の知識はきれいに整理されていないことが多く、システムに取り込むことは困難である。今回開発したシステムでは、線のつなぎを一種のゲームとしてモデル化することによって、つなぎの問題を整理した。線のつなぎは、つなぎの進み具合によって、いくつかの段階(例えば、序盤・中盤・終盤)に分けることができる。各段階では、線の選択(次手)においてどの要素を重要視するかが異なり、またつなぎ方(戦略)も異なる。例えば、序盤では、先読みを長く行いなるべく余りダイヤが発生しないように考慮してつなぎ、中盤では、できる限り効率を優先してつなぎ、また、終盤では、つなぎの読み切りを行い、最適なつなぎを行なう。このように、各段階でのつなぎ方を動的に変え、更に、線の選択における評価の基準を動的に変えることによって、本システムでは、専門家が無意識に行なっているつなぎをエミュレートすることができた。

つなぎサブシステムで実際に線をつないでいる様子を図2に示す。図では、つなぎの達成目標(例えば、乗務効率や回送枚数)を設定して、それに向けてつなぎを再開しようとしているところである。

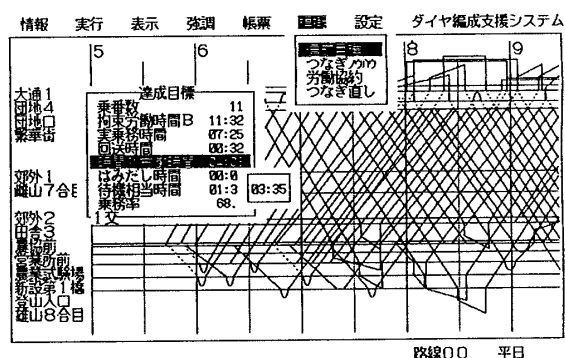


図2 つなぎサブシステムで線をつないでいる様子

4. 評価

ここでは、本システムの核である線のつなぎ処理について評価を行なう。

本システムで、いくつかの実際のダイヤ(バス)を入力して、評価を行なった。その評価結果を、表1に示す。この評価は、パソコンPC-9801XL²(MS-DOS)上で測定した。

表1 つなぎサブシステムの評価結果

評価項目 路線	つなぎ率 [%]	処理時間	
		システム	専門家
幹線 ¹⁾	87.5	20分	5日
市内線 ²⁾	85.7	12分	2日

【説明】

1) 30仕業、粗グ 件本数250本、30系統の路線

2) 15仕業、粗グ 件本数250本、12系統の路線

表1において、「つなぎ率」とは、つないだダイヤに対する全ダイヤの比率であり、100%の時に全てのダイヤを余りなくつないだことになる。また、表1では、効率(乗務効率や回送枚等)に関しては触れていないが、効率は現行とほぼ同等である。つなぎ率、処理時間共に満足な結果が得られた。

評価結果から分かるように、処理時間は、専門家による作業の約1/100に短縮できたが、これは次のような理由によるものと考えられる。

- ①線の選択時に、バックトラックを極力避けるように、先読みを用いた。また、先読みの長さを、状況によって変化させ、無駄な先読みを軽減した。
- ②線の選択における線の評価関数を、状況によって変化させ、なるべく無駄な計算を避けた。つまり、必要最小限の評価基準だけに注目した。

今後、つなぎ率100%を目標に、本システムを改良していく予定である。

参考文献

- [1] 田中幸吉/淵一博監訳:「人工知能ハンドブック(I~III巻)」, 共立出版, 1982
- [2] 南雲/野崎監訳:「問題解決の理論—人工知能の基礎」, 産業図書, 1974
- [3] 白井良明/辻井潤一著:「人工知能—岩波講座情報化学22」, 岩波書店, 1982
- [4] Newell, A., Shaw, J.C., and Simon, H.A. Empirical explorations with the logic theory machine: A case history in heuristics. In Feigenbaum and Feldman, 109-133