

バスダイヤ自動編成システム

関 孝義

1. 概 論

輸送サービス業の鉄道事業や乗合バス事業においては、その輸送基本計画の1つにダイヤグラムがある。列車ダイヤとバスダイヤでは作成上大きな違いがあるものの、そのダイヤに対して車両と乗務員をいかに割りつけられたいかという点では同一視できる。ここではバスダイヤについて考えてみる。

乗合バスのダイヤグラムとは、定路線を計画運行するための基本データである。しかし長年の経験と専門知識を駆使しても多くの相反する条件をバランス良く満足させるには、多大な労力と時間を必要とする作業であり、ダイヤ作成の専門家にとっても並大抵の仕事ではない。

バスダイヤ作成には大別して次の2点のむずかしい点がある。

①顧客需要、交通事情に合わせた運行計画にもとづきダイヤグラムを作成すること。

具体的には駅等における電車の発着時分や経済性も合わせ考える必要がある。

②出来上がったダイヤグラムに対し、車両および乗務員を割りつけること。

必要なバス台数を最小にすべく効率良く割りつける必要があると同時に、特に乗務員については

その労働条件（ハンドル時間、休憩時間、拘束時間等々）をはじめとするさまざまな条件・制約があり、それらの条件下でときには矛盾するような組合せも取り込みながら割りつける作業である。

以上①、②についても専門家は相互に考え合せて最終的なものを完成させるのである。この専門家にしても、10人が作れば10通りのダイヤができあがるという、正解が一意に定まらぬむずかしさがここにある。

2. スケジューリングの観点から

バスダイヤとは、横軸に時間、縦軸に距離と各系統の始終点を取り、バスの運行計画を1本ずつの線で表示したグラフであり(図1)、基本的には1日分(5:00~24:00)の運行計画が示されているものである。

その中の最も基本となる要素は、運行単位である。運行単位とは、1系統を始点から終点までを片方向のみ運行する単位である場合もあれば、往復で1単位とする場合も考えられる。(図2)

これが乗務員や車両を割りつける基本単位である。(以降これをダイヤの“山”と呼ぶことにする)これらの“山”を各種の条件下で接続することが、ダイヤ1本1本を作成していくことに他ならない。すなわち乗務員の運転スケジュールを作成することである。

この種の割りつけ業務は、鉄道、航空会社でも共通の業務であり、複数多種の仕事に貴重な資源

せき たかよし 働東芝

〒105 港区芝浦1-1-1

1987年11月号

©日本オペレーションズ・リサーチ学会。無断複写・複製・転載を禁ず。

(13) 717

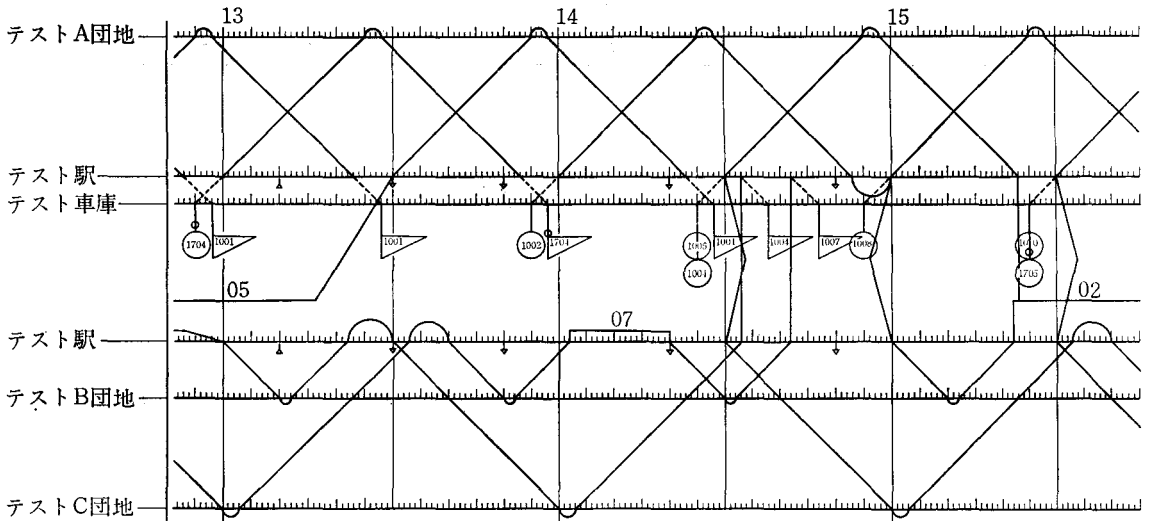


図 1 ダイヤの例

(人)を割りつけるという意味では業種を問わず共通の問題であろう。

以上の観点から、専門家がほとんど無意識のうちに行なっている試行錯誤過程をシミュレートすることにより、システム化したバスダイヤ自動編成システムについて述べてみたい。

本システムは、日本システム㈱と東芝が共同開発し京浜急行電鉄㈱に納入したバスダイヤ情報管理システム (DIAMAN=DIAGram information MANagement system)の中のダイヤ自動編成システムである。

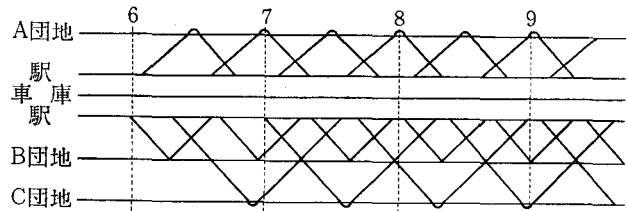


図 2 基本となる運行記録

3. システム内容

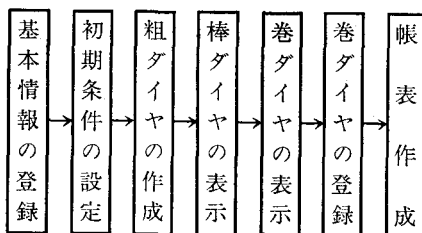
ダイヤ編成システムにおける作成手順は手作業による場合と同等であり、基本的な流れは図3のとおりである。

まず運行計画の作成であるが、

- ①運行系統の選択
- ②時間帯別所要時分の設定
- ③始終発時刻の設定
- ④時間帯別運行間隔

等により、“山”を線引きする。時間帯別所要時分というのは、同一系統でも朝夕のラッシュ時と昼間の閑散時とは、ご存知のとおり、所要時間に違いが生じてくるから時間帯別に設定するという意味である。

次がこれらの“山”をつないでダイヤを編成す



変 修 修 修
更 正 正 正

図 3 ダイヤ作成手順

ることである。“山”をある拘束条件下でつなぎ合わせることは、数学上の組合せ問題の一種として捉えることができる。拘束条件とは、乗務員の所定勤務時間のことであり、1本1本が所定の拘束時間、運転（ハンドル）時間、休憩時間を満足しなければならない。

組合せ終了後は、これにもとづいて、時刻表や勤務時間表、運行表等を入力する。

4. 編成シミュレーションについて

このような組合せを試行錯誤する手段としては、種々の探索法が考えられるが、すべての可能性をシラミつぶしに実行して最良の解を探すことは解空間の大きさ、時間的制約から考えてあまり得策ではない。実際開発途中では、シミュレーションが何日間にもおよぶ場合もあった。したがってな

んらかのヒューリスティックなルールを用いて、探索の範囲を狭める必要が生じる。

たとえば本システムでも接続候補選択のさいに残りの“山”のつなぎやすさ等も何らかの形で算出し、1つの指標として考慮している。

さらに、1本1本の組合せをいかに評価していくかが最重要ポイントとなる。拘束時間、休憩時間、ハンドル時間は可能なかぎり規定に近い値となるように“山”を組み合わせるべきである。規定値に対して増減があると、超過手当の対象となる場合があり、経営面からみて経済的なダイヤでなくなるだけでなく、安全運行上へも問題が生じる場合もある。もう少し詳しく述べると、休憩については、ある一定時間以下であってはならないという規定がある。あたりまえだと言われるかも知れないが、ここで何を言いたいかというと、業務時間のほぼ中間に1回の休憩がある場合は問題ないと思うが、2回以上に与えられた場合、合計では規定を満たしていても、ダメだということである。複数回になっても1回分の休憩は食事のとれ

表1 勤務時間表

	拘束時間	ハンドル時間	折待時間	休憩時間	増務4週	時間その日	走行キロ
	8.23	5.10	1.01	1.22	0.23	0.00	88.0
	7.33	4.30	1.04	1.09	-0.27	0.00	76.0
	8.23	5.10	1.06	1.17	0.23	0.00	88.0
	8.27	5.10	1.17	1.10	0.27	0.00	100.0
	8.03	5.10	0.59	1.04	0.10	0.00	108.0
	8.22	5.10	1.10	1.12	0.22	0.00	88.0
	7.33	4.30	1.01	1.12	-0.27	0.00	84.0
	8.23	5.10	1.08	1.15	0.23	0.00	88.0
	8.03	5.00	1.01	1.12	0.03	0.00	88.0
	7.53	5.10	1.01	0.52	0.10	0.00	88.0
	4.32	3.10	0.32	0.00	0.00	4.32	56.0
	4.23	3.10	0.23	0.00	0.00	4.23	56.0
		1.00	0.03	0.00	0.00	1.53	16.0
			0.03	0.00	0.00	1.	

る十分な長さとしなければならないからである。

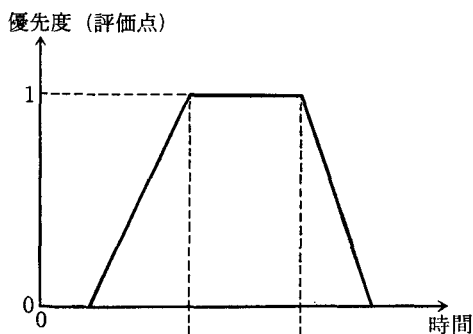
勤務時間の一例を表1に示す。

これから判るとおり、拘束時間の規定値が8時間であるとしても、その“山”の組合せ上、どうしても多少の増減が生じる。ハンドル時間や休憩についても同様であり、もちろん規定値からのずれは少ないほど良いと言える。

1本1本をいかに評価するかが最重要ポイントであると言ったのは、1本1本を組み上げていく時、このずれが最小となるように組み合わせてもそれが、全体として良いダイヤとなるかどうかは判らないからである。

なぜか？ダイヤの“山”は勤務時間に合わせて作られているのではないからである。仮にずれを最小にすべく組んだ場合、所定の勤務では組み合わせることが不可能な“山”が数多く残ることになる場合が多い。

したがってむしろ多少幅をもたせて柔軟に組み合わせていった方が良いことになる。ここに専門家のノウハウがあり、ここには前もっては決められ



1.ハンドル時間	320分	340	←→	360	380
2.休憩時間	20	40	←→	60	80
3.拘束時間	420	440	←→	460	480

適切と言える範囲

図4 評価基準の例

ないある種のあいまいさが存在する。これを解決するために、勤務時間等にこのあいまいさを活用して問題を解くことを考える。すなわち“あいまい集合”という概念を導入することである。

たとえば、

- ①拘束時間が適切といえるダイヤ
- ②ハンドル時間が適切といえるダイヤ
- ③休憩時間が適切といえるダイヤ

という集合を考え、その要素を総合的に評価することである。

図4にそれぞれの集合の基準を示す。縦軸が評価値であり、横軸が時間を表わしている。

1本のダイヤは、いくつの“山”の組合せになるかわからないが、いろいろの組合せの中から総合評価して求めている。全体として良いダイヤとするためには、それらのダイヤについての組合せの評価を試行錯誤をくり返し実施している。これにより、必要車両台数の少ない、かつ総合評価の高いダイヤが多く含まれるものを求めている。

5. リソース割り当て型エキスパートシステム

バスダイヤ編成システムを例に、スケジュールリングシステム、もう少しカッコ良く言いかえるとリソース割り当て型のエキスパートシステムについて述べてきたが、素直な感想を

ここで述べさせてもらうならば、「一般のOAシステムと同等に考えて取り組むと、ひどい目に合う」ことを痛感した次第である。

開発当初は、昨今のようなAIブームではなくエキスパートシステム構築につながるとは予想していなかった。

この種の最適解（有効な解と言った方が適切かも知れない）を求めるシミュレーションを行なうシステムの必要性は、今後も増加していくと思われる。

本システムは約2年の月日を費してやっと実用化にこぎつけたシステムである。この2年間をふ

雑誌 EJOR 購読者募集のお知らせ

European Journal of Operational Research (EJOR)は、Association of European Operational Research Societies (EURO) と North-Holland 出版社との共同出版によるもので、1988年は Vol.33-37 が発行されます。個人購入もできますが、当学会では割引価格でお取り扱いしています。
発行回数：年15回（5巻、15冊）

使用言語：英語

内容：あらゆる分野におけるORに関する優れた論文、letters、新刊書（最近1年間のもの）の批評、短評（紹介）。

価格：20,000円（送料込、1年間）。

お申し込みは当学会まで。（締切 11月30日）

り返してみると、学んだことは非常に多い。

専門家およびその業務に関連する人たちが使用する言葉すらまったく理解できなかったこともあり、まずこれを理解、整理するのにもかなりの時間と労力を費した。

次に専門家に目の前で実際にダイヤ作成作業を実施していただいた。これにより、ある程度問題解決の糸口はつかめるのではないかと思ったが、非常に簡単なダイヤをシミュレートしてみると多くの問題点があらわれてきた。このダイヤについて満足なシミュレーション結果が得られるまで、シミュレート → 評価検討 → 条件追加 → シミュレート、という作業をくり返した。

こうして、ようやく1つのダイヤを作り上げても、別のダイヤについて同条件でシミュレートするとまた新たな問題が発生するという状態が常であった。

このようなステップを踏んだことにより、専門家との意思の疎通も早くなり、システム構築に大変役立ったように思える。

また、複数の専門家に参加してもらったことも非常に大きなメリットがあったようだ。

最後にもう1つ、たぶんこの種のシステム開発に当っては十分考慮すべきであると痛感したことがある。それはシミュレーション作業を実際に行なう人（プログラムレベルで）を“独りぼっち”にしないことである。この種のシミュレーション作業を長期間行なうと精神衛生上の大問題につながる可能性もありえると感じた次第である。

6. 最後 に

本システム開発にご協力いただいた京浜急行電鉄株式会社自動車営業部と事務システム部、および日本システム株式会社に心より感謝いたします。

最新刊 パソコン・パッケージによる 例解 線形計画法

平本 巖・木下昌男・栗原和夫共著 A5・1800円

ソフト別売 定価80,000円

入門者向けに、線形計画法におけるパソコン応用を解説。プログラム・パッケージを用いて、線形計画問題を解きすむうちに理解を深めることができる。併せてプログラム・パッケージも販売。

(ソフトウェア御希望の方は小社営業部まで。)

主要目次 線形計画法入門(単体法 感度分析 2段階単体法他) 例題編(生産計画問題 栄養問題 混合問題 多期間計画問題他) パーソナルコンピュータの活用(手法理解のためのLPパッケージ 実務に利用するためのLPパッケージ 教育の場を利用するためのLPパッケージ他)

Computer Today 定価880円
好評発売中

11月号特集/好評発売中

パソコン通信便利帳

別冊 プログラム移植 定価1380円

数 理 科 学

12月号/11月20日発売

定価930円

エントロピー

情報・進化・光子コンピュータ

エントロピー — その様々な顔つき —	大矢雅則
エントロピーって何だろう	阿部龍蔵
宇宙のエントロピーの起源	小玉英雄
進化とエントロピー	伏見 譲
ファジイエントロピーとはなにか	本多中二
光子に情報をのせる一次世代光通信	広田 修
エントロピー生成	長谷川洋
黄金比とエントロピー	堀部安一
情報の充分性とエントロピー	日本文雄

<別冊>

流れの数理

定価2000円

— 乱流・カオス・フラクタル

その数理的構造からいま熱い注目を浴びる流れの力学。何が根本的問題なのか、原点から活写する。

サイエンス社

東京都千代田区神田須田町2-4 安部徳ビル

☎03(256)1091 振替 東京7-2387