

列車案内ファイルの構成と応答特性

木村 幸男, 榎木 公一 (鉄道技術研究所)

1. はじめに

旅客が鉄道で旅行をする場合、旅行目的に内在する幾つかの評価基準を持っていくと思われる。第一義的な評価基準が旅行期間であることもあり、また所要費用、目的地、列車そのものなどの場合もある。しかし、鉄道による旅行では、第一義的な評価基準が何であらうとも、旅行手段がデマンド・バスの様な方法でなく、予め設定されている列車ダイヤに依存するので、何らかのキーを指定して最終的には列車を選択することになる。列車はその性質として非常に多くの情報を持っているからである。

列車の選択も中心に考えると、列車の検索をするためのキーが旅客の第一義的な評価基準(目的)と一致することが望ましい。例えば、「小遣が何円あるので、何処でも良いから旅行したい。」という場合、旅行全体の費用から、鉄道の費用を算出し、この費用をキーとして、この条件を満たす列車を総て取出すことも考えられる。しかし、この様な例は比較的稀であり、一般的には目的地を第一義的に指定することが旅行の通常であろう。例えば、会議や調査のために出張する謂ゆるビジネス客といわれる旅客の要求は、基本的には「希望する時刻」に「目的地」に着くことである。また座席予約を行なう旅客は、現在何らかの形で旅客自らが列車を選択する作業を行っているが、この作業は、列車時刻表をもとに行なわれる場合が多くを占めると思われる。この作業での列車選択のキーは、主に「目的地」であり、「発/着時刻」であろうと推測できる。

更に、列車を案内する主体が時刻表のような間接的な媒体を通してではなく、列車設定の当事者側であれば、列車そのものを熟知しており、この案内が旅客に対して空席の情報まで自動的に付加することも可能である。座席予約についていえば、当事者側としては予約状態の列車に対する均等化などを考えることもできる。

2. 実験システム

列車案内を行なうサービス・システムとして、時間帯を指定して目的地までの案内や予約を行なう「時間帯予約」¹⁾や、電話による列車案内などが考えられる。ここでは後者を中心に説明する。現在、電話予約システム^{2,3)}では旅客の電話番号、予約操作の合図、乗車月日、列車名、乗車駅、降車駅、人数、・・・などを入力しているが、電話による列車案内の実験では、入力として「乗車月日」、「乗車駅」、

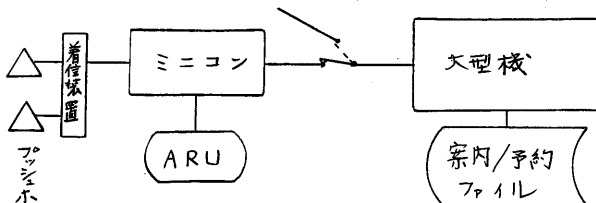


図1. 実験装置

表1. 対象列車および駅

	列車数, 駅数	備考	
列車	新幹線	257	S.50.3のMARS105列車ファイルより抽出
	在来特急	534	
	その他	810	
駅	892	上記列車の停車駅	

「(出発,)到着希望時間帯」を基本とした。

出力として、候補列車を最終的に3列車以内とした。候補列車の情報として、「発駅」、「発時刻」、「列車名」、「着駅」、「着時刻」および予約できる「座席/寝台」を提示する。

実験システムの構成⁴⁾を図1に、列車案内ファイルの対象列車と対象駅を表1に示した。電話での応答を前提とするため、向合わせ入力完了後、応答開始までのレスポンス・タイムを短縮し、列車案内ファイルの処理論理は、旅客の乗車時間が準最短時間となるように考え、ファイルの大きさを極力小さくすることを目標とした。

3. ファイル構成

3.1 O-D表の形式

乗車駅および降車駅から列車を捜し出す場合、最も単純には、列車のO-D表を作ればよい。対象とする列車網 R は、発駅を Δ_i 、着駅を Δ_j として、見出しの Δ_i と Δ_j のポケットに、着発する列車 $\{R_{ij} | \Delta_i \rightarrow \Delta_j\}$ を入れることにより完全に表現される。但し、この場合には、 R_{ij} の付属情報として、発駅 Δ_i の発時刻、着駅 Δ_j の着時刻が必要となる。

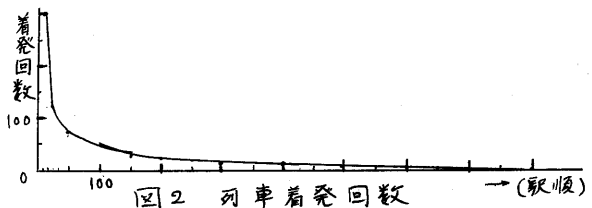
この方式の問題点を順次考察しよう。ポケットの数は単純には、発駅数 $|\Delta_i|$ と着駅数 $|\Delta_j|$ の積となり、表1から $(892)^2 \approx 800,000$ となる。また、一本の列車が平均 n 駅に停車すると、この列車は $n(n-1)/2$ 回数えられる。列車本数を t 本とすれば、各ポケットに入る列車数は、 $t \times n(n-1)/2 / 800,000$ となる。 $t \approx 1,600$ 、 $n \approx 12$ という数値がわかっているので、結局1ポケットあたりの列車数 $|R_{ij}|$ は0.1~0.2程度となる。一方、実際のデータを調べてみると、例えば東京駅では長距離バスを含めて356本の着発が1日にある。一方、熱田駅、近江長岡駅などは、急行、特急の着発が1日1本しかない。当然ではあるが、この列車網 R は、スパース・マトリックスであり、各駅平等に1ポケットを割当てるとは、ファイル処理上好ましくない。

また、比較的長距離を旅行する旅客については、単純な乗継のサービスは自動的に行ないたい。このためには $R = \{R_{ij} | i \rightarrow j\}$ として、 $R^{*2} = R^2 - R$ の乗継サービス網を予め準備しておかなければならない(その場で計算すると、乗継時刻の判断と計算回数が多過ぎて、前節で目標としたレスポンス・タイムの短縮が不可能である)。 R^{*2} は1回乗継のサービス網であり、実際問題としては、 R^{*3} も準備しておく必要があるかも知れない。しかし、この様なファイルを実際上準備することは不可能に近い。

3.2 駅の特徴

列車着発回数の、前節の様な顕著な相関を積極的に利用した、駅別列車ファイル⁵⁾を構成する。概念的には、線図的な列車ダイヤグラムを想起すればよい。いま横軸に列車の着発回数の多い順に駅を並べ、着発回数をプロットすると、図2のようになる。各駅の列車本数は、列車ダイヤの密度を表わす。

図2の形もそのままファイルに持込んだものが、基本的な案内ファイルである。このファイルを用いた列車の取だし方は、次のよ



うになる。駅 s における基本的な情報 $E = \{(r_s^a, u_s^a; t_s^a)\}$ としよう。ここで r は列車名、 $u; t$ は、この列車の着発時刻である。急行列車、特急列車を扱うこととし、便宜上 $u-t = \Delta$ (constant) とし、実際には $\{(r_s^a, t_s^a)\}$ を用いる。ここで駅 s から、駅 s' への直通列車は、 $\{r_s^a \cap \{r_{s'}^{a*}\} \mid (t_{s'}^{a*} - t_s^a) > 0\} (= \{r_{ss'}^a\})$ で取出すことができる。しかも(出発)到着時間帯の指定により、 $\{r_{ss'}^{a*}\}$ の定数が限定される。

しかし、 $\{r_{ss'}^a\} = 0$ の場合、すなわち列車の2本以上の乗継を自動的に処理する場合は簡単に解決はしない。理論的には適当な乗継駅 s' を見出し、発駅 s 、着駅 s' との各々の直通列車を、乗継条件の時間を確かめついで探し出すことになる。一つの考え方によれば、各駅着発の列車は、駅相互に結び接続子(joint arc)と考えられ、乗継駅 s' も、接続子上から派生する接続子と考えることができる。直通列車がない場合は、乗継駅 s' を独立した接続子として何らさしつかえがない。 $\{r_{ss'}^a\} = 0$ で、候補となる乗継駅 s' は、理論的には $|\{s'\}| = 892$ (表1)となり、これ E 、その場で exhaustive に調べることは、発着時刻の関係上不可能に近い。そこで乗継の場合の処理を効率よく行なうため、接続子としての乗継駅の性質を次のようにしてみる。

- 1) 列車の着発回数が多い
- 2) その駅を起点として直通列車で到達可能な場所が多い
- 3) その駅を乗継駅として、到達可能な場所が多く、且つ乗継列車本数が多い
- 4) 鉄道線路網上で重要な位置を占める。

この性質を調べるため、1) ~ 4)の数値の概算を行、た。これには列車個 R を3.1節で述べた様な0-1表をつくり、 $R = \{r_{ij} \mid i \rightarrow j\}$ のポット別列車数、 $R \times R$ R^2 などを調べた。

この結果1) ~ 4)の共通駅を調べ、60駅を得た。この駅を「共通乗継駅」と名づけた。因みに、「共通乗継駅」は1)の駅順の100位以内に入っている。

この様にして作られた共通乗継駅 E 、各駅の接続子として、案内ファイルに他の接続子である列車との関連を持たせて登録した。結果的に、全駅を S として、1駅に関する共通乗継駅の数 $|\{P\}|$ は、 $\max_{s \in S} |\{P(s)\}| = 38$ 、 $\min_{s \in S} |\{P(s)\}| = 1$ である。例えば $|\{P(\text{大阪})\}| = |\{P(\text{新大阪})\}| = 38$ となっている。

3.3 複数列車の乗継

このファイルで乗継列車の取出し方は次のようになる。駅 s における基本的な情報 I は、列車の接続子 r^a と駅の接続子 p^a から構成されるものとする。いま駅 s から駅 s' への列車を捜し出すことにすると、 $I \cap I^{a*}$ を調べることになる。ここで条件は、 $\{r_s^a\} \cap \{r_{s'}^{a*}\} = \emptyset$ すなわち、直通列車がないものとする。このとき、共通乗継駅相互の共通駅 $\{p_s^a\} \cap \{p_{s'}^{a*}\} = \{s'\}$ を調べることになる。こうして、捜し出された共通駅を用い、 $s \rightarrow s'$ の列車と、 $s' \rightarrow s''$ の列車を取出して時間的な接続条件をチェックし、候補列車を取出す。この場合2つの問題が新たに派生する。一つは、乗継駅を「共通乗継駅」に限定したため、列車検索の時間は大巾に短縮できるが、有効な乗継列車を見逃す心配があること、他は複数回の乗継を行なう場合は、やはり検索回数が幾何級数的に増加するということである。前者の問題については、1) ~ 4)の性質の共通な駅を選んだこともあり、実際の組み合わせについて確認を行っているが、現在の所この実例は皆無である。また、これまで述べてきたように、「共通乗継駅」のファイルへの追加は比較的容易である。

他方、複数回の乗継による列車検索回数の増加は、レスポンス・タイムの増加

という致命的な結果になる。そこで、 $I \cap I^* = \emptyset$, すなわち2回の演算で直通列車も共通乗継駅も見出せない場合のことを考え、共通乗継駅間の主要な列車パスを予め別データとして準備する。これを「共通乗継駅間列車ルート^{脚注)}」という。このデータは共通乗継駅の総数が60であり、ここでは $(60 \times 60 - 60) / 2$ のポケットを設け、各ポケットに主要パス2本かつ乗継駅のシーケンスで表現したものを

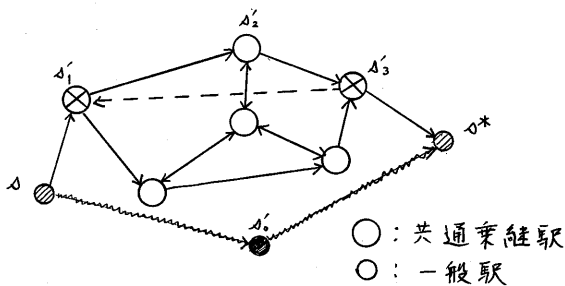


図3 列車網中の駅の関係

用いる。このデータは列車案内ファイルの補助データとして用いられ、別ファイルとしても、逐々1回のファイル・アクセスで取出せるようにする。このようにすると列車検索の作業は、複数回の乗継を行なう場合も極めて短時間に済ますことが可能となる。しかし、一般的なネットワークとしての問題は、この方法で解決される訳ではない。例えば図3で、発駅Δから着駅Δ*への列車を案内する場合、乗継駅Δ0が共通乗継駅から除外されているため、 $\Delta \rightarrow \Delta_1 \rightarrow \Delta_2 \rightarrow \Delta_3 \rightarrow \Delta^*$ のルートが選択されることが考えられる。これは最初に選んだ共通乗継駅の選択基準に係る問題であるが、我々は列車サービスの比較的多い「主要パス」を設定する観点からサービス網を考えているので当然の帰結であろう。なお、どうしても $\Delta \rightarrow \Delta_0 \rightarrow \Delta^*$ のルートが必要な旅客の要求には、 Δ_0 をexplicitに指示してもらい、 $\Delta \rightarrow \Delta_0, \Delta_0 \rightarrow \Delta^*$ の各々の直通列車を捜し出し、乗継条件を満たす論理も組み込まれている。

複数列車の乗継に関して、もう1つの類似の問題がある。これは、東京地区、大阪地区、多少性質が異なるが、青函、宇高航路である。例えば東京地区の問題であるが、いま水戸駅から名古屋駅に行く旅客を考えよう。この旅客に列車を案内するには、列車の性質上通常は水戸→上野→東京→名古屋という順になる。この場合、急行列車以上の優等列車網Rでは、上野→東京の列車は極く稀であり、無いと考えた方がよい。しかし一般には、この様な乗継は普通に行なわれている。ここ一般的乗継の論理を持ち込むのは無駄が多い。この様な乗継を行なう場合、東京地区では迂回する国電を仮定して、所要時間を適者にとり、東京、上野、新宿間の完全グラフを準備する。大阪地区についても同様である。また青函、宇高航路については、固定のパスを予め準備した。

3.4 ファイルの詳細

これまで列車案内ファイルを構成的に述べてきたが、ここでファイルの形について纏めよう。列車着発回数が多い順に駅を横軸にとり、並べると図2のようになる。この形は、駅の番号 i をこの順に決めた場合、着発回数 y との間に

$$y + \beta = \gamma / (i + \alpha)^2 \quad \text{--- (1)} \quad (\text{但し, } \alpha, \beta, \gamma > 0)$$

の関係を持つ。したがって、所要のデータ領域は、原理的には $\sum_{i=1}^n y$ とすればよい。ここで、 $n > 100$ の駅では、着発回数はあまり変化なく尾を引いているので、これを固定領域とし、ファイル・アドレス q を、 $1 \leq i \leq 100$ のときに、

$q = 1403.2 - 32580 / (i + 80) + 2$ とした。但し、少なくとも $a_{i=100} - a_{i=99} = 1$ であることを保障する必要があり、 q の単位はレコード(120ワード/レコード)とする。この様にして、ファイル領域を小さくするとともに、データへのアクセス

脚注) 本方式は古賀澄夫氏の発案による。

時間を減少させるため、着発回数上位100駅までを主記憶装置上に置いた。これは、旅客の旅行要求が各駅に対し、ほぼ着発回数に比例すると考えたためである。この考え方によるデータの平均取出し時間 t_a は、主記憶装置からのデータ取出し時間 t_c と、ファイル(ディスク)からのデータ取出し時間 t_d により、次式で算定できる。 $t_a = \lambda \cdot t_c + (1-\lambda) \cdot t_d$, 但し λ は着発回数の上位100駅までを優先した、全着発回数に対する割合である。優等列車網Rの実績によると $\lambda = 0.5$ となるので、結局 $t_a = 0.5(t_c + t_d)$ となり、全データをファイル上に置いた場合の $0.5(t_c + t_d) / t_d \approx 0.5$ で、データは取出し済ることになる。更に、ファイルから、これらのデータを主記憶上に読み込む時余分な領域を切り落している。

列車案内ファイルの1駅あたりの内容は図3のようになっている。駅コードと

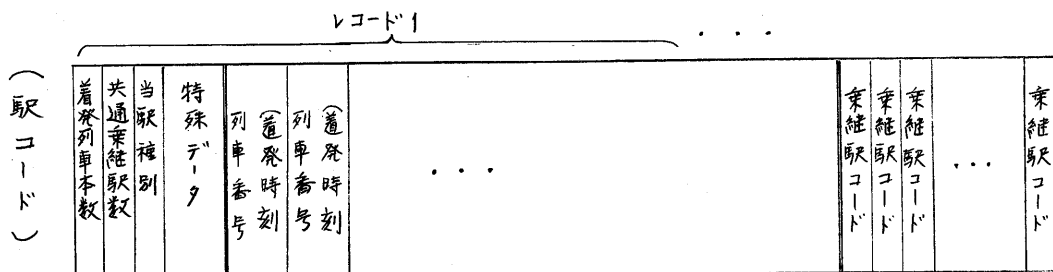


図3 1駅あたりのデータ項目

して前述のとおりを用いており、実験では特に駅コード・アイテムを設けず、駅コードそのものをファイル上のアドレスとして用いている。列車名は数字によるコードを使用し、各駅については、列車のサークル時間を短縮させるため、その列車の発(着)時刻順に列車をソートして並べている。列車は同一区間に「上り」と「下り」があり、この方向性を確保するため、時刻は48時間制を採用している。単位は「分単位」を用い、暦日2日にわたり走行する列車の時刻は、翌日を示す1440分が加算されている。結局列車案内ファイルの基本は、 $\sum_{i=1}^{100} y_i + (892-100) \times 1 = 222 + 792$ レコードであり、約487KBとなる。この中には、各駅に属する接続子である共通乗継駅(数字コード)を含んでいる。

更に、この列車案内を行なうのに必要なデータは次のようになる。

- i) 「共通乗継駅間列車ルート」
- ii) 列車データ(列車愛称名, 編成, 運転日等)
- iii) 駅データ(コード・テーブル等)

i) ~ iii) で約300KBとなっている。

4. ニ, 三の実験例

列車案内の論理とファイル処理の正当性を確かめるため、通信回線を介さずに大型機で閉じた実験を行なった。ここでは、この結果の一部を述べる。ファイル装置としては集合ディスク、大型機はF-60、言語はFORTRANを用いた。ファイル・アクセスは、メーカー作成の「DREAD」、「DWRITE」というmacro命令を利用した。命令実行時間の測定は、メーカー作成の「CLOCKM」による。この結果を見ると、1回のディスク・アクセス時間が11~15msで極めて短い。これは、デー

夕量が比較的少なく、ディスク・ファイル処理を含む他のプログラムが走っていることに依ると思われる。因みに、この装置の平均アクセス時間は平均90msとなっている。

表2 博多→東京(13時着)案内出力例

1 コウホ	7	ハカタ	6:19	31	ヒカリ 206	1	トウキョウ	13:20
2 コウホ	7	ハカタ	0:17	769	アカツキ 516	8	アカヤマ	7:18
	8	アカヤマ	8:33	6	ヒカリ 26	1	トウキョウ	12:44
3 コウホ								

表3 案内のための処理時間

ディスクアクセス回数	発駅 着駅	着席数(A)	直通数(B)	候補数(C)	Σ共通乗継数 Σ列車本数	処理時間(D) (ms)	ディスクアクセス時間(ms)	[D/A]	[D/C]	[D/(A-B)]
1	上野→水戸 20時着	1	1	1	"	184	12	184	184	—
2	白石→水戸 18"	5	0	3	272	940	24	188	313	188
"	" 19"	3	0	2	"	787	24	262	394	262
"	" 20"	1	0	1	"	252	26	252	252	252

5 おわりに

これまで列車案内に用いるファイルの方式について述べてきたが、オペレータ介入によるCRT端末装置を用いた「ルート・ファイル方式」の開発実験も行なわれている。ここで大切なことは、営業施策と相俟って、列車案内の論理について様々な構成法が考えられることである。処理論理の細部については殆んど触れなかった。表3から解るように、計算機の所要時間の多くは候補列車の選択論理に依存している。検討の対象とした論理のいくつかの例を次に示す。i) 到着時刻と案内候補数, ii) 同一区間における直通列車と乗継列車の優先度, iii) 新幹線網と在来線網の旅行時間に及ぼす非均一性, iv) 乗継所要時間と乗継時間帯等が問題になった。これらについては別途まとめている。最後に、本実験システムの共同開発に携わり、ファイルに関するデータを整理して下さい、担当所の古賀氏と鈴木氏に深く感謝する次第である。

(文献および資料)

- 1) 櫻木, 金子他; 時間帯指定による列車案内および予約方式, 第14回鉄道におけるサイバネティクス利用国内シンポジウム論文集, P70/74, 1977年11月
- 2) 木村, 三木; 電話による座席予約実験におけるミニコンの応用, 情報処理, Vol.15, No.4, P289/296, 1974年4月
- 3) 善如寺; プッシュホンによる座席予約システム, 情報処理, Vol.18, No.10, P1050/1054, 1977年10月
- 4) 渚合, 木村他; オンライン実験システム, 鉄道技術研究報告, NO.990, 1975年7月
- 5) 鈴木, 古賀他; レスポンス・タイムを考慮した列車案内ファイル, 情報処理学会第18回全国大会講演論文集, P695/696, 1977年10月