

IV-174 乗客待時間と乗車時間を用いた列車運行本数の最適化について

福井工大 正員 吉田豊穂
京都大学 正員 飯田恭敬

1. はじめに

本研究は列車に乗車するため駅へ到着してから乗車するまでの乗客待時間と乗車してから降車駅へ到着するまでの乗車時間との和の最小値を捉えて列車最適運行本数について考究するものである。利用者にとっては誰しも早く目的地へ到着することを願っているから、乗客サービス水準の向上については待時間と乗車時間の総和が最小となるような運行本数が望まれる。研究の対象としたのは図-1に示すように福井県の武生市と福井市間を運行している営業キロ20kmの福井鉄道KK福武線である。

2. 待時間の調査について

待時間の調査には駅前までバスの乗入れのない④福井新駅において昭和61年10月1日(水)に実施した。調

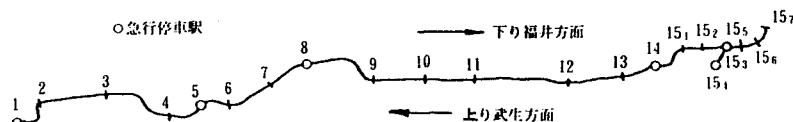


図-1 福武線

査の対象とした列車は午前と午後に分け、下りと上りについて急行列車8本と普通列車8本である。調査結果では急行列車の下りと上り、普通列車の下りと上りの待時間はそれぞれ相違するが、下りと上りを統一し急行列車と普通列車の待時間として1人平均待時間

間を示したのが表-1である。表-2は乗車時間に1人平均待時間に乗じて求めた総待時間を示す。

3. 乗車時間について

乗車人員に駅間の所要時間に乗じて求めることが出来るが、これを集計すると表-3の通りである。

4. 評価方法

最適運行本数の総合評価については下り急行列車+普通列車、上り急行列車+普通列車として行なう。現在の運行所要時間は急行列車は1往復するのに1時間14分(74分)であり、普通列車は1時間53分(113分)である。すなわちその比率は急行列車1本に対して普通列車1.5本になる。このことは急行列車3本の運行本数に見合うのは所要時間からすれば普通列車は2本である。そこで下りと上りについて急行列車と普通列車の運行本数の変化の組合せを考えてみよう。現在運行本数は急行列車は下り20本、上り19本、普通列車は下り、上りとも31本であるから、この運行本数を基準とすれば表-4が考えられる。

(1) 待時間

現行運行本数と総待時間を基準としてこれより運行

表-4 急行列車と普通列車の運行本数の組合せ

組合せ (下り, 上り)	急行列車(本)	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38
	普通列車(本)	43	41	39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19

本数が多くなれば待時間は小さくなり、運行本数が少くなれば待時間は大きくなるとして比例配分して求めると、運行本数の増大に伴って待時間は次第に減少し、ゼロとかマイナスが生じてくる。例えば下り急行列車20本を40本に増大させると待時間はゼロとなり、それ以上に増大するとマイナスになってしまって非現実的なものとなる。列車時間間隔は3分程度が最小限度といわれているから列車に乗車するときには3分間の待時間は必要である。それで待時間を求める一般式として運行本数がk倍になれば待時間は1/kになると考える。例えば運行本数が基準運行本数の2倍になったときは待時間はその1/2となる。急行列車と普通列車の基準運行本数が r_0 と l_0 のとき、その総待時間を $W^1(r_0)$ 、 $W^2(l_0)$ とすると、運行本数がそれぞれ r 、 l と変更された時の総待時間 $W^1(r)$ 、 $W^2(l)$ は次式で求める。

表-3 乗車時間

列車種別	乗車時間(分)
下り	普通列車 27.888
	急行列車 19.260
上り	普通列車 40.046
	急行列車 15.081

$$W^1(r) = W^1(r_0) \left(\frac{r}{r_0} \right)^a \quad (\text{急行列車}) \cdots (1) \quad W^2(l) = W^2(l_0) \left(\frac{l}{l_0} \right)^a \quad (\text{普通列車}) \cdots (2) \quad a: \text{重み係数}$$

ここで、式(1)、(2)において、 a の基準値を1.00と考えると、 a の値を基準値より変化させることによって最適運行本数にどのように感応するのか調べるために付した。

(2) 乗車時間

乗車時間については次のような方法によって計算を行なう。例えば下り普通列車の乗車時間は表-3のように27,888分であるが、上り急行列車19本を待合せのため停車駅で330分の待合せ時間を生じている。もし上り急行列車が存在しないものとすれば下り普通列車のみの乗車時間は330分を差引いて27,558分である。したがって、上り急行列車19本で下り普通列車は330分の乗車時間の増加となっているから、上り急行列車23本とすると下り普通列車乗車時間は $330 \text{分} \times (23 \text{本} / 19 \text{本}) = 399 \text{分}$ となり、下り普通列車のみの乗車時間に加算して27,957分となる。このような計算方法によると、普通列車の乗車時間は急行列車の運行本数 r によってのみ影響され普通列車の運行本数 l には関係がなく、また急行列車の乗車時間 $T^1(r)$ は r に関係なく一定値としてよい。以上述べたことを前提として次のような乗車時間を求める式を設定した。急行列車が存在しないとき、つまり普通列車のみの運行時の普通列車乗車時間総和を $T^2(o)$ 、急行列車 r 本のときの普通列車乗車時間総和を $T^2(r)$ とすると、

$$T^2(r) = T^2(o) + b \{ T^2(r_0) - T^2(o) \} \frac{r}{r_0} \cdots (3)$$

$r=0$ のときは $T^2(o)$ 、 $r=r_0$ のときは $T^2(r_0)$

b は式(1)、(2)の a と同様に重み係数である。

$$T^1(r) = C \quad (\text{一定値}) \cdots (4)$$

(3) 待時間+乗車時間

急行と普通列車の運行本数の最適化を計るには待時間と乗車時間の最小値を求めるため次式を設定した。

$$Z = [W^1(r) + T^1(r)] + [W^2(l) + T^2(l)] = W^1(r_0) \left(\frac{r}{r_0} \right)^a + W^2(l_0) \left(\frac{l}{l_0} \right)^a + T^2(o) + b \{ T^2(r_0) - T^2(o) \} \frac{r}{r_0} \rightarrow \text{Min} \cdots (5)$$

5. 具体的計算例 急行列車23本と普通列車29本の場合、 $a=b=1.00$

$$\text{下り列車 } Z_1 = 4,851 \left(\frac{20}{23} \right)^{1.00} + 9,105.3 \left(\frac{31}{29} \right)^{1.00} + 27,558 + 1.00 \{ 27,888 - 27,558 \} \frac{23}{19} = 41,908 \text{分}$$

$$\text{同様に上り列車 } Z_2 = 55,317 \text{分} \quad Z = Z_1 + Z_2 = 97,225 \text{分}$$

6. まとめ

式(5)により表-4の急行列車と普通列車のすべての組合せのもとにおいて、待時間+乗車時間の計算を行なったが、 $a=b=1.00$ の場合をグラフで示すと図-2のとおりである。最適運行本数と思われる組合せをとりだして表-5に示したが、重み係数の変化による待時間+乗車時間に大きな差は認められない。最適運行本数を論ずるにあたり急行列車何本、普通列車何本と決定づけることはできないが、急行列車20本、普通列車31本が最適運行本数と思われる。本文では定期外旅客を対象として述べてみたが、運行本数の増減に対して乗客数は一定値で与えているから、今後は乗客数の増減にも対応できるような最適運行本数について考究したいと思っている。

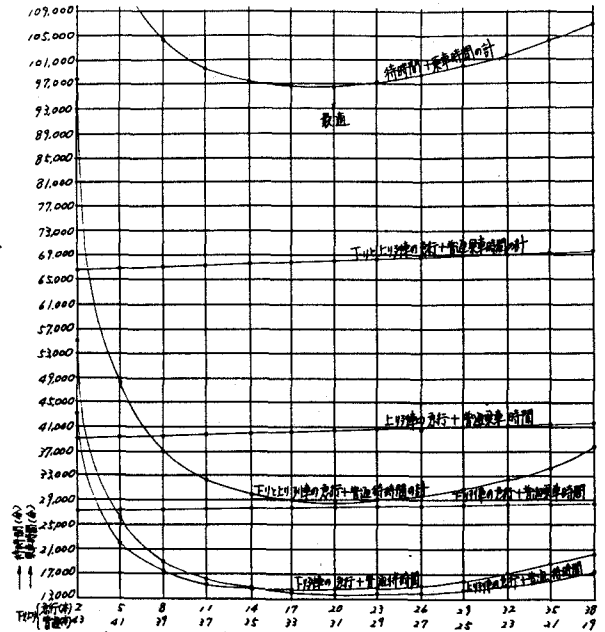


図-2. 待時間と乗車時間による最適運行本数 $a=b=1.00$

表-5. 最適運行本数の組合せ

組合せ	急行列車 (本)	普通列車 (本)	17	20	23
待時間+乗車時間	475	96,336	96,353	96,734	
$a=b=1.00$			96,671	96,682	97,225
(b)	1.25		97,067	97,013	97,737