

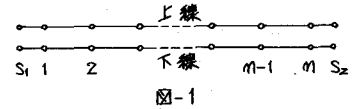
高速鉄道の上下線の一体的利用をめぐって制御

信州大学工学部 正員 奥谷 蔵

信州大学工学部 学生員 ○山崎 重喜

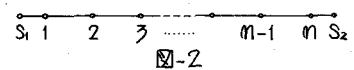
1. まえがき 近年日本の都市においては、朝夕の通勤・通学における都市高速鉄道のラッシュは、世界に類を見ないほど大きく、またこの問題を解決する手段は、地上が飽和状態である為、地下鉄建設に活路を見い出す以外有効な解決手段を見い出せないような現状である。しかし、これと膨大な費用を要する為有効な解決手段とは言えない。そこで本研究では、既存の路線を利用しつつ、現在よりも、より快適な通勤・通学ができるような電車の運行システムについて考察してみた。

2. 電車の新しい運行システム 図-1のような1駅が郊外駅、 m 駅が都心駅であるような郊外と都心を結ぶ路線を考える。また、 S_1 は郊外の操車場、 S_2 は都心の操車場であるとする。



まず、郊外から都心へ向かう乗客が多くなる朝のラッシュ時を考え、その時には、第1段階として上線とも郊外から都心に電車を流し、次には第2段階として上線はそのまゝ郊外から都心に、下線はその第1段階に都心駅操車場に到着した電車を都心から郊外に流す。この第1段階、第2段階の繰り返しばりとし、このバリエーションを1周期とする。そしてこのバリエーションを繰り返すことにより電車を運行する新しいシステムをタイトルフロー・コントロール・システムと呼ぶことにする。

3. 新しい運行システムの定式化 まず記号の定義を行なう。 T_i : i 駅と $i+1$ 駅間の所要時間。 Q_i : i 駅における停車時間。 b_1, b_2 : それぞれ郊外駅と操車場、都心駅と操車場間の所要時間。 α_1, α_2 : それぞれ第1段階、第2段階の電車の運行時間。 α_1 : 下線の第1段階及び上線における電車の運転間隔。 α_2 : 下線の第2段階における電車の運転間隔。 m : 下線の第1段階及び上線における電車の車両編成数。 N : 電車の全車両数。 e_1 : 下線の都心駅において、第1段階の最後から1駅を走り1本電車が m 駅に到着し、 S_2 に向かう m 駅を走り1本電車が1駅に向かう電車が入線するまでの余裕時間。 e_2 : 下線の郊外駅における、 e_1 と同様の余裕時間。 c : 電車1両当たりの座席数。 T : 1周期に要する時間。 また計算の便宜の為、 α_1 は α_1 の整数倍であるとする。



まず、定常状態を考え、1駅より電車が発車する時より第1段階が始まるとし、この時から時間を測り始めて($t=0$)、 $t=T$ までの電車の運行について述べてみる。上線において $t=T$ まで運行される電車の本数は (T/α_1) 本、下線において $t=T$ まで m 駅から都心に運行される電車の本数は $(\alpha_2/\alpha_1 + 1)$ 本、都心から郊外に運行される電車の本数は $(\alpha_2/\alpha_2 + 1)$ 本となり、1周期内に m 駅から都心に運行される電車の総車両数と、都心から郊外に運行される電車の総車両数は等しいから平衡条件式として(1)式が成立する。また全車両数に関する制約

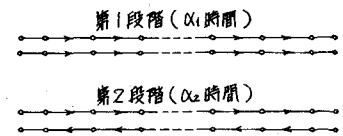


図-3

$$m \left(\frac{T}{\alpha_1} + \frac{\alpha_1}{\alpha_1} + 1 \right) = m \left(\frac{\alpha_2}{\alpha_2} + 1 \right) \quad (1)$$

$$N \leq m \left(4 \frac{b_1 + \sum T_i + \sum Q_i + b_2}{\alpha_1} + 2 \frac{\alpha_1}{\alpha_1} \right) \quad (2)$$

$$T = \alpha_1 + 2 \left(\sum T_i + \sum Q_i \right) + e_1 + e_2 + \alpha_2 \quad (3)$$

条件式は(2)式の様になる。さらに、1周期に関する条件式として(3)式が成立する。

4. 目的関数の定式化 まず、右の様に乗り心地関数 $f(C_i/Q_i)$ を定義する。ここに、 C_i : 1周期におけるi駅とi+1駅間の総座席数で、 T と α_1, α_2 が与えられれば計算できる。 Q_i : 1周期におけるi駅と

$$f(C_i/Q_i) = \begin{cases} 1 & (C_i/Q_i \geq 1) \\ C_i/Q_i & (C_i/Q_i < 1) \end{cases}$$

i+1駅間の乗客数で1周期時間TにおけるOD表が与えられれば計算できる。また、乗り心地関数 $f(C_i/Q_i)$ は1つのiに対して上線と下線とで1つずつ計算される。乗り心地関数について説明すると、 $f(C_i/Q_i) = 1$ というのは座席数が乗客数より多い場合で、乗り心地が良いことになる。逆に、 $f(C_i/Q_i) = C_i/Q_i$ というのは乗客数が座席数より多い場合で、電車内に立っている客がいて乗り心地が良くないということになる。従って、乗り心地関数の総和が大きければ、大きいほど、乗り心地が良いということになる。これを目的関数にすると右の(4)式の様になる。 $F_1 = \sum Q_i \cdot f(C_i/Q_i) \rightarrow \max$ ----- (4)

このときの最適化は、条件式(1)、(2)、(3)のもとで(4)を満足する α_1, α_2 を決定するもので、このときの総乗り心地関数の値と、従来の運行システムによる総乗り心地関数の値とを比較検討してみようとするものである。次に、第1段階中、下線において都心から郊外へ向かう乗客は各駅で待たなければならない。この待ち時間を各駅での立ち時間と考えれば、下線の各駅での乗客の立ち時間と各電車内での乗客の立ち時間の和が小さければ、小さいほど、より快適な通勤・通学となる。これを目的関数にすると右の(5)式の様になる。ここに、 $g(C_i, Q_i) = F_2 = k \cdot \sum R_j \cdot T + \sum T_i \cdot g(C_i, Q_i) \rightarrow \min$ ----- (5)

は1周期におけるi駅とi+1駅間での立っている乗客の数で右の式で表わされる。明らかに1つのiに対して上線と下線とで1つずつ計算される。また、 C_i, Q_i は上の説明と同じである。さらに、 R_j : 下線において、j駅で立って待たされる乗客数。 T : 下線の各駅において乗客が待たされる時間。

$$g(C_i, Q_i) = \begin{cases} 0 & (C_i/Q_i \geq 1) \\ Q_i - C_i & (C_i/Q_i < 1) \end{cases}$$

k : 電車内に立っていることと、駅のホームで立っていることの違いを示す係数、である。このときの最適化も、前と同様に条件式(1)、(2)、(3)のもとで(5)を満足する α_1, α_2 を決定するものである。そして、このときの値と、従来の運行システムによる値とを比較検討してみようとするものである。

5. 計算例 駅の個数を $m=20$ 、また、 $b_1=20$ (分)、 $b_2=20$ (分)、 $\sum T_i + \sum Q_i = 32.18$ (分)、 $\alpha_1=3.0$ (分)、 $m=10$ (面)、 $T=120.0$ (分)、 $N=800$ (面)、 $c=50$ (席)、 $k=0.3$ 、 $e_1=2.0$ (分)と与え、さらに、混雑時から非混雑時までの4つのOD表を与え、混雑の大きい順に(A)、(B)、(C)、(D)と名付ける。そして、(4)、(5)を目的関数として4場合の各OD表に対するダイヤルフロー・コントロール・システムと従来の運行システムによる値を計算し、その結果をそれぞれ表-1、表-2に示した。

OD表	(A)	(B)	(C)	(D)
ダイヤルフロー	591,429.2	552,631.4	407,256.0	274,165.0
従来の方式	451,610.4	432,541.5	376,355.8	274,165.0
差	139,818.8	120,089.9	30,900.2	0.0

表-1

OD表	(A)	(B)	(C)	(D)
ダイヤルフロー	1,684,064.0	554,824.5	99,872.8	67,191.1
従来の方式	1,715,299.0	559,592.0	46,691.0	0.0
差	-31,235.0	-4,767.5	53,181.8	67,191.1

表-2

6. おおび 表-1、および表-2から混雑時においてはダイヤルフロー・コントロール・システムが有効であること、非混雑時には逆効果であることがわかる。

〈参考文献〉奥谷、古山「都市高速鉄道のダイヤルフロー・コントロールシステムについて」昭和51年土木学会中部支部研究発表会概要集