# IV-28　バス運転ダイヤのコントロールに関する一考察

京都大学工学部　正員　高岸節夫
京都大学工学部　正員　○戸松稔

## 1　はじめに

交通事情の悪化にともない，都市圏のバス輸送の効率は次才に低下し，何らかの対策をたてる必要にせまられている。バス・コントロール方式はこのための一方策であり，走行中の各バスから情報を集めうる，リアルタイム，オンラインシステムの存在が必要条件となる。わが国ではこのような方式は，まだあまり検討されていないようであるが，われわれはこれまで行なってきたバスの運行挙動に関する研究を基礎として，バスのコントロールについて考察してみた。一口にバスのコントロールといっても，バスの運行の乱れに対応して，いかなる措置がとられうるかによっていくつかの方法が考えられるが，本稿では，比較的制御が容易であると思われるバスの出発時間間隔を被制御変数として考察した。バスの運行はきわめて不安定なものであって，ある原因により生じた，進み，あるいは遅れは，バスストップでの待人数が平均的に運行時間間隔に比例することを原理として，累加される方向にある。その結果として生じた乱れは，バスのだんご現象，乗客の待時間の増大，バスごとの乗車客数の不均一，満員通過の現象等となってあらわれる。ここで述べるコントロールは，このような乱れの傾向を予知し，後から出発するバスの出発ダイヤを変化させることによって，できるだけ早く，正規な運行状態に復帰させることを目的とする。

## 2　バスの運行軌跡の予測と出発時刻の決定

以下に取扱うモデルでは乗車客のみを考慮し，降車客を考えない。これはモデルを簡単化し取扱いを容易にするためであるが，通勤目的で利用されるバスなどでは，降車客は終点あるいは終点近くの特定のバスストップに集中することが多く，必らずしも現実を無視した仮定ではないと考えている。またバスから得られる情報は

$t^{a}_{li}$；$l$番目のバスが$i$番目のバスストップに到着した時刻，
$t^{d}_{li}$；$l$番目のバスが$i$番目のバスストップを出発した時刻，
$N_{li}$；$l$番目のバスの$i$番目のバスストップを出発した時点における乗客数

であるとする。

### (1) 基本運行時間間隔の決定

あるバス路線について，その発車時間間隔（基本運行時間間隔）$x_0$は，次式より定められるものとする。

$$x_0(\lambda_1+\lambda_2+\cdots\cdots+\lambda_n)=\theta C \qquad (0<\theta<1) \qquad (1)$$

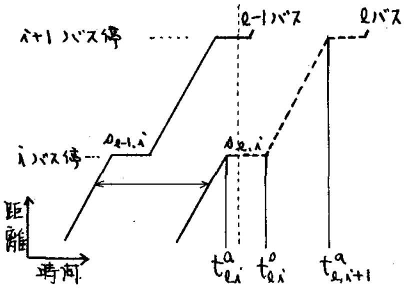
$$x_0=\theta C\Big/\sum_{i=1}^{n}\lambda_i \qquad (2)$$

$\lambda_i$；$i$バスストップの平均乗客到着率
$C$；バス1台当たり乗車定員

この時間間隔$x_0$を保ちながら運行した場合，1台のバスについて，$n$番目バスストップ出発時乗車

人員$N_0$は　$N_0 = x_0 \sum \lambda_i$ となることが期待され，さらに，区間の平均走行所用時間を$r_j$，1人当たり乗車所要時間をbとすれば，始発よりn番目バスストップ出発までの所要時間$T_0$は，$T_0 = \sum r_j + b x_0 \sum \lambda_i$ となる。制御目標としては，すべてのバスの走行所要時間が，この$T_0$になることを期待して，出発時間間隔を決定するものとする。

図−1




(2) 既出発バスの走行軌跡の予測

ある時間時点までの実際の走行軌跡は，集められたデーター$t^a_{\ell i}$，$t^d_{\ell,i}$から描くことができる。それ以後は，

$$d_{\ell i} = b\lambda_i (x_{\ell i} - d_{\ell-1,i}) \tag{3}$$

$$t^d_{\ell i} = t^a_{\ell i} + d_{\ell,i} \tag{4}$$

$$t^a_{\ell,i+1} = t^d_{\ell i} + r_{i+1} \tag{5}$$

をくり返し用いることによって予測する。このとき，

$$N_{\ell,i} = N_{\ell,i-1} + \lambda_i (x_{\ell,i} - d_{\ell-1,i}) \le C \tag{6}$$

によって常にバスの定員よりも小さいか検討する。これがg番目のバスストップ以後成立しないとしても，バスの定員を無視した仮想的なバスを考え，同様な計算，すなわち

$$d^*_{\ell g} = b\lambda_g (x_{\ell g} - d_{\ell-1,g}) \tag{7}$$

を計算しておく。これはバスが途中で故障して以後のサービスを打切った場合についても行なう。このようにしてある時間時点で，すでに出発しているバスの予想運行軌跡をすべて求めておく。

(3) 次に出発するバスの出発時刻の決定

m−1番目のバスの運行軌跡が既知のとき，時間間隔$x_{m,1}$で出発したm番目のバスのn番目バスストップ出発時の時間間隔$x_{m,n+1}$は次式によって予想することができる。

$$x_{m,n+1} = x_{m,1}\prod_{j=1}^{n}(1+b\lambda_j) - \sum_{j=1}^{n} d_{m-1,j}\prod_{k=j}^{n}(1+b\lambda_k) - \sum_{j=1}^{n}(r_{m-1,j}-r_j)\prod_{k=j}^{n}(1+b\lambda_k) + \sum_{j=g}^{n} d^*_{m-1,j}\prod_{k=j}^{n}(1+b\lambda_k) \tag{8}$$

出発してからn番目バスストップ出発までの所要時間が$T_0$になることが目標であったから，m−1バスの走行所要時間を$T_{m-1}$とすると，次式が満足されねばならない。

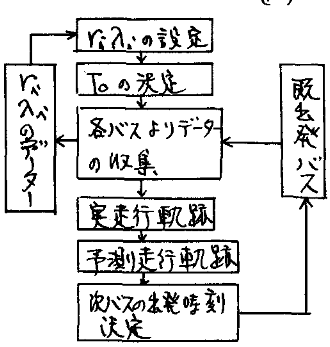
$$T_{m-1} + (x_{m,n+1} - x_{m,1}) = T_0 \tag{9}$$

式(8)，(9)より$x_{m,1}$が求められ，これからm番目のバスの出発時刻$t^a_{m0}$は，

$$t^a_{m0} = t^a_{m-1,0} + x_{m,1} \tag{10}$$

と決定することができる。

図−2




## 3 結び

このような制御の効果は，大略図−2のような流れに従ったシミュレーションを実行することによって検討される。ここで述べた計算式の多くは単純なくり返し計算が多く電子計算機による短時間の処理が可能であろう。バス・コントロールの効果を高めるためには，単に出発時刻の制御のみでなく，他の変数も考慮した制御方式を，今後検討していく必要がある。