

IV-59 即時バス制御方式のシミュレーション

京都大学工学部 正 員 米谷 榮二
京都大学工学部 正 員 戸松 稔
京都大学大学院 学生員 ○ 青木和善

1. はじめに

街路交通事情の悪化に関連して、都市バスの運行における安定性・信頼性を確保する方策が最近になって、いろいろ考えられてきている。この対策の一つに即時バス制御方式なるものがある。これは走行中の各バスからリアルタイムで情報（バストップへの到着・出発、乗客の乗降の様子、バスの路線上での位置など）を集め得る装置の存在を前提として、各種の運行制御措置をとることにより、バス運行の安定化をはかろうとするものである。この方式の内容・効果の程度などについては現在まだ西ドイツなどでの一・二例の報告をみるだけである。本研究はこれまで行なってきたバスの研究^{*}をもととし、現状のバス運行状態に近いモデルを組み立て、この制御方式の効果についてシミュレーションをとおして一つの判定を試みた。鉄道などに比べて自由度の高い交通機関であるバスに対して制御を加える場合、人の意志決定（具体的にはいかなる運行状態が出現したとき、あらかじめ設定した措置のどれを採用するか）の介入は不可避とも言える。そこで、この方式のシミュレーションを実行するにあたってはグラフィック・ディスプレイ装置を仲介とした対話型計算機を用いた。

2. バスシミュレーション・モデル

モデルを組み立てるにあたって、次のような仮定を設けている。

- (1) バスの形式はワンマンカーで、乗降分離とし、料金の徴収は乗車時に行なう。
- (2) 標準運行時間間隔（ x_0 ）………ある路線に投入されるバス台数が需要よりも下回っている場合はいかなる制御を施しても意味がない。そこで、この投入台数に相当するものとして、その路線の平均発車間隔を次式により求める。
$$x_0 = \theta C / \left[\sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^i (1 - \mu_j) \right) \lambda_i + \lambda_1 \right] \quad (\theta = 0.9)$$
ここで、 C はバス容量（80人）、 λ_i 、 μ_i は i バストップでの乗客の到着率、降車率である。また、 θ はサービスのレベルに関係する値であり、小さい程サービスがよいことになる。
- (3) 区間走行所要時間は道路の混雑度、信号機の数などにより変動するが、ここでは正規分布するものとし、各区間ごとに平均値と偏差を与え、正規乱数を発生させ求める。
- (4) 乗客の到着人数については乗客の到着がポアソン分布であるとし、各バストップに到着率 λ_i を与える。また、乗客の降車についても各バストップごとに降車率 μ_i を与える。
- (5) 各バスの発車間隔………起点発車間隔は x_0 を平均値とし偏差30秒なる正規分布で与える。
- (6) サービス時間は乗客の乗降所要時間を $S = aN + b$ なる形の一次式で求め、乗車・降車所要時間の長い方をそのバストップでのサービス時間とする。

3. シミュレーションの方法

バスの運行を即時制御するためには任意の時点での各バスの位置を把握する必要がある。このため本研究のシミュレーションではグラフィック・ディスプレイ画面上に各バスの運行状態を時間距離図

(図1)として表示する。この図から各バスの任意の時点の位置および運転ダイヤからのずれの大きさ、また各バス互いの間隔などが明らかになる。ここでは、5分毎にその時点までに起点を出発しているすべてのバスについてその運行状態を表示しその状況がわかり次第適切な措置をとるようにしている。ここでバス運行の乱れを解消する措置として、次の3種類を考えている。(1)バストップでの停車を継続する。(2)バストップにおけるサーボスを打切る。(3)特定区間のみう回路を通す。以上の解消措置をとるかどうかはその措置をとった場合の予想走行軌跡と運転ダイヤとのずれの大きさを比較して効果があると断定したものを採用する。これを各時点・各バスについて順次行ない、最後のバスが終点に達するまで繰り返す。

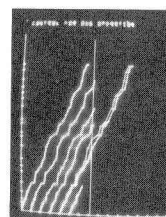


図1.バス運行状態

4. 結果とその考察

制御を全く加えなかった場合と適宜乱れが生じた時点で制御を加えた場合とについて比較検討して効果の判定を試みた。バス運行の安定化をはかる目的は一人あたりの平均待時間を小さくして、バス利用者の時間の損失の総和を減少させることであるから、一人あたりの平均待時間の値は重要な評価基準となる。ケース1～3では制御を加えた結果、平均待時間は減少しており、とくにケース3では運転時間間隔の分散が制御を加えない場合よりもはるかに小さな値となり、運行を安定化させるのに効果があがり、ていることを示している。ケース4、5では制御の効果があがらず逆に待時間を増大させる結果となった。これは運行の乱れがどの程度になったとき解消措置をとらせれば効果があるかの判断基準がないため、制御の判断を誤った結果である。

表1. シミュレーションの結果

	ケース1		ケース2		ケース3		ケース4		ケース5	
	No Control	Control	No Control	Control	No Control	Control	No Control	Control	No Control	Control
一人あたりの乗客の平均待時間(秒)	164.9	148.1	159.1	146.9	154.4	141.7	159.5	159.3	153.8	160.8
総所要時間の平均(秒)	1950.88	1931.88	1923.43	1932.77	1932.48	2036.88	1938.11	1965.93	1952.26	1932.42
分散	7031.07	3721.93	6016.50	3089.85	10383.32	4048.96	7006.48	8054.92	8036.20	5393.18
バス運転時間間隔の平均(秒)	289.18	289.47	299.19	287.07	293.04	286.58	302.02	295.02	287.99	282.39
分散	6557.06	5481.38	5888.44	5489.63	14898.81	4445.56	8667.75	14734.94	13103.50	11007.25

5. おわりに

本研究は即時バス制御方式を現状のバス運行にあてはめてみた場合、どれ程の効果が期待されるかを判定したもので、この場合、効果とは乱れを解消する措置をとることにより何らかの形で一部の人に負担を強いることになるが、それによつて全体の損失を下げるができるというものである。これについては市民の了解を得る必要があるのは言うまでもない。また、バスの運行が本来的に不確定な要素を含んでいるため制御することによる利害得失を直接知ることができない。しかし、何らかの制御の判断基準を定量的に見い出していくことができるならば、今後の方向として、人の意志を介入させない全自動のコントロールの実現も不可能ではなからう。

参考文献*

- 1) 高岸節夫, 戸松 純 バスの運行挙動に関するシミュレーションの考察 土木学会関西支部年次学術講演会 IV-8 昭和45年5月
- 2) 高岸節夫, 戸松 純 バス運転ダイヤのコントロールに関する一考察 土木学会第25回年次学術講演会 IV-28 昭和45年11月