

神戸大学工学部	正員	森津 秀夫
神戸大学工学部	正員	枝村 俊郎
横浜河技術情報	正員	菅野 昌二

1. はじめに

発生した乗客の需要に合わせてバスの運行を決定するデマンド応答型のバスシステムは、様々な形態のものが研究されあるいは実施されている。そのなかで、もっとも自由度が高く多様な需要に応えられるのは多数地点対多数地点型のデマンドバスである。しかし、従来研究されている多数地点対多数地点型のデマンドバスの経路探索方法では最適なバスの経路を求めるのに計算時間がかかり、乗客の数とともに計算時間が急激に増大するという欠点があった¹⁾。そのため、大型のコンピュータを使っても、適用を検討できるのは極めて需要の少ない場合に限られ、需要が多い場合への適用は不可能であった。そこで、ここでは経路探索方法を変更し、需要の多い地域への適用が可能な路線選択型デマンドバスシステムを提案する。

2. 多数地点対多数地点型デマンドバスシステムのバス経路探索方法

多数地点対多数地点型のデマンドバスでは、任意の目的地を持った乗客が任意の地点に発生することを考えている。これを処理するために、どのバスがどの乗客をどのような順序で乗せ、降ろしてゆくかを決めていた。その結果としてそれぞれのバスの経路が定まる。すなわち、バスの経路を決める問題は組み合わせ問題である。そのため、発生する乗客の数が多い場合や、使用するバスの数が多い場合には経路を求めるのに必要な計算量が膨大になる。したがって、このような方法で経路を決めるならば、適用が可能なのは需要の少ない場合に限られる。小型のコンピュータですむようにしたり、より需要の大きい地域への適用を考えるならば、経路探索方法を変更しなければならない。

デマンドバスシステムにおいても、バスの運行の決定に際しては乗務員の勤務条件を制約条件として考慮しなければならない。路線バスの運行計画の作成方法には、運行ダイヤを組み合わせて乗務員の勤務を決めるものと、シミュレーション的に運行ダイヤと乗務員の勤務を同時に決めるもの²⁾とがある。シミュレーション的な方法は、過去のOD表から乗客の発生率を求めて運行可能なバスがあれば、その時点でもっとも需要の大きい路線に割り当てようとするものである。この乗客の発生を過去のデータを使うのではなく、実際に発生したものを使い、リアルタイムで運行を決めるようにすれば、デマンド応答型のバスシステムになる。そして、需要の大きい路線を探してバスを割り当ててゆくだけなので、必要な計算量は少ないと予想される。

3. 路線選択型デマンドバスシステム

路線選択型デマンドバスシステムでは、あらかじめ準備されている路線の中から運行する路線を選んでバスを割り当てる。そこで、運行の候補となる路線を設定するサブシステムと運行制御を行なうサブシステムが必要である。それらの概要は次のとおりである。

候補路線設定システムでは、バス路線網構成システム³⁾における路線列举と同じ方法で候補路線を求める。これは、デマンドバスにおいても、通常の路線バスの場合と同様に運行する路線は効率よく乗客を輸送できるものでなければならないからである。すなわち、バス停留所間OD表を使って需要が多く乗客をできるだけ短い距離で運べる路線を列举し、候補路線とする。ただし、デマンドバスの性格から路線長があまり長くないようにしなければならない。路線の列举には次の候補路線評価関数を使い、評価値の大きなものを起終点对のそれぞれについて一定数ずつ求める。

$$F_k = (\sum_i \sum_j q_{ij} d_{ij}^0)^2 / (L_k \sum_i \sum_j q_{ij} d_{ijk}) \quad (1)$$

ここに、 F_k は路線kの候補路線評価値、 q_{ij} は路線上のノードi, j間のトリップ数、 d_{ij}^0 は最短所要時間、 d_{ijk} は乗車時間、 L_k は路線長である。

運行制御はバスの配車あるいは乗務員の勤務スケジュールの作成を中心に行なう。ある時刻において一定時間以内に運行中の路線の終点に到着するバスがあれば、勤務時間の制約の下で運行可能な中で需要の大きい路線を探して次に運行するよう決定する。この場合、次の評価関数によって運行する路線を決める。

$$G_k = \alpha F_k + \sum_j \sum_i x_{ijk} G'_{ijt} \quad (2)$$

ただし、 $q_{ijt} = 0$ のとき $G'_{ijt} = 0$ 、 $q_{ijt} > 0$ のとき $G'_{ijt} = \beta q_{ijt} d_{ij}^0 + (2 - \beta) \sum_m w_{ijm}^2$

ここに、 G_k は路線 k の運行路線評価値、 x_{ijk} は i, j 間での路線 k の利用可能性を表わす 0-1 変数、 q_{ijt} は時刻 t における乗客数、 w_{ijm} は乗客の待ち時間、 α, β はパラメータである。

この式では、デマンドバスのサービスとして乗車時間と待ち時間を考えている。そして、その時点ではまだ発生していないが、発生すると予測される需要を考慮するために候補路線の設定時の評価値を加えている。また、ある時刻に運行を割り当てることのできるバスが複数あるときのバスの選択方法は、路線バスの運行計画の作成の場合²⁾と同じように行なう。勤務条件の制約には拘束時間、乗務時間、継続乗務時間、休憩時間を考え、いわゆる普通勤務と中休勤務を併用する。

4. シミュレーションによるケーススタディ

路線選択型デマンドバスシステムが従来のものよりも需要の大きい場合にも適用できることを確認するために、尼崎市北西部を対象にシミュレーションを行なう。対象地域のバス道路網は図-1に示すものである。地域内の乗客の発生率は朝のラッシュ時で約2400人/時、昼間時で約380人/時である。これに対して420本の候補路線を用意した。20台のバスを使用した例では、11834人の乗客に平均3.7分の待ち時間でサービスすることができた。その待ち時間の分布は図-2に示すとおりである。ここでは、運行路線評価関数だけでどれだけ制御できるかを調べるために乗客の待ち時間の制約条件を考慮していない。そのために30分以上の待ち時間となったものもあり、最低限のサービスを保証するには制約条件にすることが必要である。

5. おわりに

シミュレーション例でわかるように、ここで提案した路線選択型デマンドバスシステムは需要の大きい地域への適用が可能な多数地点対多数地点型のデマンドバスシステムである。このシステムにより、過疎地域だけでなく都市内や都市周辺においても、本格的なデマンドバスシステムの適用を考えることができるようになった。どのような路線を準備しておくのがよいかなどは、今後さらに検討してゆく必要があろう。

参 考 文 献

- 1) 森津秀夫・枝村俊郎・亀山寿仁：ディマンドバスの経路探索アルゴリズムの改良，土木学会第37回年次学術講演会講演概要集，第4部，pp. 285～286，昭和57年10月。
- 2) 有田哲郎・森津秀夫：シミュレーション的方法によるバス運行計画の作成，土木学会第37回年次学術講演会講演概要集，第4部，pp. 285～286，昭和57年10月。
- 3) 枝村俊郎・森津秀夫・松田宏・土井元治：最適バス路線網構成システム，土木学会論文報告集，第300号，pp. 95～107，1980年8月。

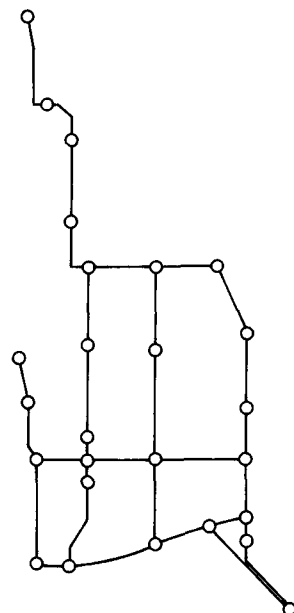


図-1 対象地域のバス道路網

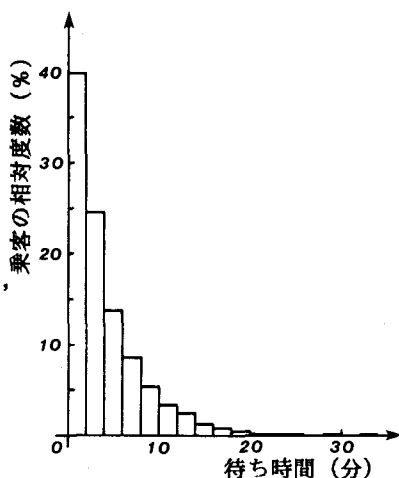


図-2 待ち時間の分布