

神戸大学 工学部 正員 枝村 俊 郎  
 神戸大学 工学部 正員 森津 秀 夫  
 京王帝都電鉄 正員 〇松田 宏

1. はじめに

バス路線網の決定を合理的に行うことを目的として、最適バス路線網構成モデルの研究が最近盛んに行われている。しかし対象とするネットワークの規模が大きくと計算時間が膨大になることから、実際問題への適用例はほとんどない。われわれは最適交通網構成手法をとり入れ、実用性を重視したバス路線網構成モデルを開発したが、ここではこれを実際のバス路線網再編成問題に適用した結果を示す。

2. ケーススタディのバス路線網再編成問題

対象とした市は、尼崎市内のバス路線網を再編成するものである。現在の営業キロは104kmで、79系統に平日1971本のバスが運行されている。不要な路線を整理し、より利用者へ便利な路線がないかを調べ、路線網全体を作り直すのがこの目的である。バスの運行可能な道路区間と現在の停留所とで構成した路線網検討ネットワークは図-1に示すもので、233ノード、291リンクからなる。

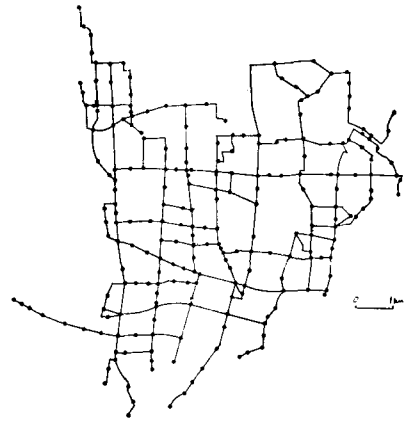


図-1 路線網検討ネットワーク

3. 検討路線の決定

ここでは全く新たに路線網をつくるのではなく、現在の路線網の再編成なので、検討路線の決定には現在の路線を重視する。すなわち路線を探索する起終点对は、現路線に対応するものとOD分布から見て検討の必要のあるものとする。そして現路線はその評価値の大小にかかわらずすべて検討路線とし、新たな検討路線としては同一起終点の現路線の評価値を上回ったものと、それ以外の起終点の路線で評価値の大きいものとする。

路線評価関数は迂回によって乗客の被る不利益やバスの運行効率を考慮し、平均乗車人員を修正して式(1)のようにする。

$$F = \frac{(\sum_i \sum_j \theta_{ij} d_{ij}^0)^2}{L \cdot \sum_i \sum_j \theta_{ij} d_{ij}} \quad (1)$$

ここに、Fは路線評価値、 $\theta_{ij}$ はトリップ数、 $d_{ij}^0$ は最短距離、 $d_{ij}$ は乗車距離、Lは路線長、 $i$ と $j$ は路線上の停留所を表す。

この評価関数の妥当性を調べるために、現路線の評価値を求めてみた。その結果と路線別乗車人員との関係を図示したものが図-2である。評価値の計算においては他に路線はなく、路線上にトリップの起終点があれば、必ずその路線を利用するとしていた。しかし図-2を見れば、多くの路線が存在する場合でも評価値の大きい路線の乗車人員は多く、式(1)の評価関数で検討路線を決めることに問題はないと考えられる。採択した127の検討路線を評価値ごとにまとめたものが図-3である。

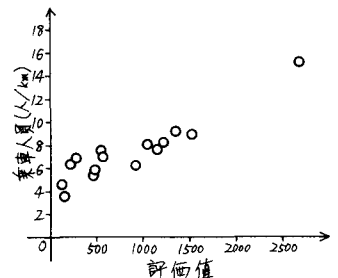


図-2 評価値と乗車人員の関係

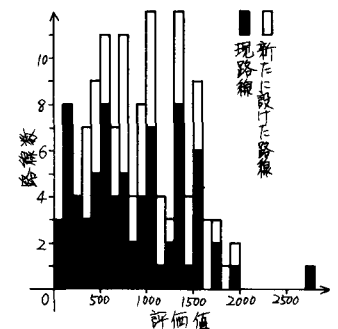


図-3 検討路線の評価値の分布

なお扱うネットワークが大きいため、与えられた起終点間の路線を探索するときにはアグリゲートしたネット

ワークを使用した。これは図-4のように、分岐の起こらない停留所を除き、リンクをまとめるものである。

#### 4. 路線網の決定

路線網を決める問題では乗換回数と乗車距離、それに経路がないときのペナルティの和を最小化するように定式化し、待ち時間は考慮していない。そのため他の検討路線に完全に含まれてしまう検討路線は目的関数の改善に寄与しない。路線長や輸送定員、バスの運行に関する制約も設けていない。したがって他の検討路線に完全に含まれる検討路線を路線網に含めるかどうかを調べる必要はない。そこで検討路線のうち他の路線に完全に含まれてしまうことのない路線だけについて路線網決定サブモデルを適用する。そして得られた路線網を構成する路線と、それらに含まれる路線に対して運行間隔を決めることにする。

17路線のうち路線網決定サブモデルの対象となるのは63路線で、計算の結果は図-5のようになった。現在と同じ38路線では目的関数値は3.5%小さくなり、目的関数値を同じにするならば路線数を26まで減らすことができる。

#### 5. 運行間隔の決定

運行間隔を決める路線網は、路線網決定サブモデルで路線数を27としたときのものとする。これは現路線網よりも便利でできるだけ路線の少ないものとしたからである。

運行間隔は時間帯別に求めたが、午前7時から8時30分までの朝のラッシュ時間帯に対する計算結果は図-6のようになった。これでは運行可能バス台数を現在と同じ94台とすると総待ち時間は45%減少し、バス台数を10%少なくすれば総待ち時間は約10%長くなり、バス台数を大きく減らせばさらに急激に総待ち時間が長くなるということになる。しかし最短乗車経路を選ぶという仮定が現在の路線網の場合には実際と合わず、現行の総待ち時間が長く計算されており、45%という値は過大だと考えられる。だがそれは違回りをする分が含まれていると解釈することもでき、計画案での総待ち時間も同じ仮定のもとで求められており、運行間隔を最適化することの効果は大きいと思われる。

#### 6. バス路線網再編成の計算結果のまとめ

現在の路線網と計画案とを比較すれば、次のようなことがわかった。まず循環路線はあまり良いとは言えず、計画案では除かれたり運行回数が大きく減ったりしている。そして最短経路を結ぶ路線や短い路線の運行回数が増え、合計の運行回数が10%程増えている。また各区間でのバス運行回数は現在と大差はないが、運行回数が現在非常に多い区間はやや少なくなり、逆に少ない区間は多くなっている。

路線網構成モデルは3つのサブモデルからなっているが、最も効果の大きかったものは運行間隔の最適化であった。これはOD表が現在の路線の乗客の調査から作成されたものであり、現路線に有利なデータを使ったため他のサブモデルの効果が十分に現われなかったのではないと思われる。

#### 7. おわりに

実際の大規模な路線網再編成問題を解いたわけだが、得られた計画案は十分納得のゆくものであった。これにより路線網構成モデルの有用性は実証されたと信ずる。

参考文献 1) 荻村, 森津, 土井: バス路線網構成手法について, 土木学会第33回年次学術講演会講演概要集

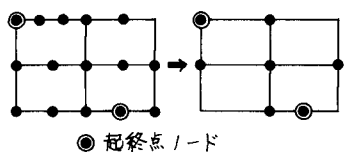


図-4 ネットワークのアグリゲーション

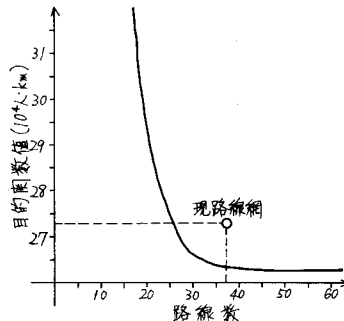


図-5 路線網決定モデルでの目的関数値

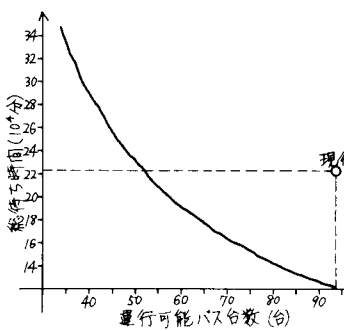


図-6 運行可能台数と総待ち時間