

政大工学部 正員 加藤 晃
 政大工学部 正員 宮城 俊彦
 政大大学院 学生員 ○高橋 健

1. まえがき 現在都市内におけるバスサービスの低下は著しいものがあり、利用者はもちろんバスを運行する管理者の側にも種々の問題が生じている。本研究は管理者側と利用者側の両方の立場からみたバスの路線配置問題を合理的に数理的最適化問題として定式化し、最適な路線配置と各路線における運行間隔の決定を行なおうとするものである。

2. 問題の設定

バスネットワークは図-1のように構成されバス路線は各ターミナル間に設置されるものとする。またバス路線は各ターミナル間を往復運行するものだけを考えるものとし、バスの運行は単一の管理機構で行なわれているものとする。また利用者は目的地へ歩行時間・バスの待ち時間を含んだ時間最短経路を通るものとし、その利用者数はサービス水準によって変動するものとする。そうしたとき、管理者のもつバス台数(M)と運転者数(N)、需要構造(D)が与えられたとき各ターミナル間で設置できる可能性のある路線の中からのような路線の組合せを選択すれば、管理者側と利用者側の両者の便益を合理的に大きくすることができるといえる問題となる。

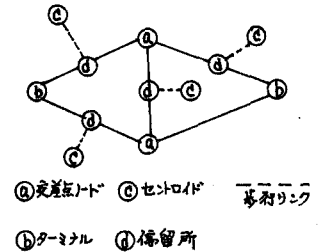


図-1

3. 目的関数の設定

管理者側便益(ONR), 利用者側便益(UB)を次のように定義する。

$$ONR = \sum_{r \in R} \left\{ f_r \cdot \sum_{l \in L} w_{rl}^* d_{rl}^*(f, B, X) + u \cdot \sum_{l \in L} c_{rl} \right\} - \left\{ \alpha \cdot \sum_{r \in R} b_r + \beta (M - \sum_{r \in R} b_r) \right\}$$

r : バス路線, R : 路線 r を構成するリンク集合, l : リンク, f_r : 区間料金, $d_{rl}^*(f, B, X)$: O, D 交通が時間最短経路を通るときのリンク l 上の路線 r を利用する需要量であり、この量は路線の組合せ X , その路線に配置されるバス台数 B , 料金 f 等によって変動する, $u, v = 0, 1$ (整数) 計 $\sum_{l \in L} w_{rl}^* d_{rl}^*(f, B, X) \leq C_{rl}$ $v = 1$, 計 $\sum_{l \in L} w_{rl}^* d_{rl}^*(f, B, X) > C_{rl}$ $u = 1$, w_{rl}^* : O, D 交通がリンク l 上のルート r を利用するかどうかを示す変数, C_{rl} : リンク l 上の路線 r の容量, α : バス1台がある単位時間のあつたに一定速度で走行した場合にかかる費用, b_r : 路線 r 上に配置されるバス台数, β : バス1台を運休することによる管理費用

$$UB = \sum_{f, X, B} d^*(f, X, B) \left\{ (C_0^f - C_0^B) - \gamma (T_0^f - T_0^B) \right\}$$

C_0^f : O, D 交通が車で時間最短経路を走行した場合にかかる費用, C_0^B : O, D 交通がバスを使った時間最短経路を通って目的地へ行く場合にかかる費用, T_0^f : O, D 交通が車で時間最短経路を通って目的地へ行くのにかかる時間であり $T_0^f = T_0^B(f, X)$, T_0^B : O, D 交通がバスの最短経路所要時間, γ : 時間価値

以上のように両者の便益項目を評価し目的関数を次のようにおく。

$$Z = \left[\sum_{r \in R} \left\{ f_r \cdot \sum_{l \in L} w_{rl}^* d_{rl}^*(f, B, X) + u \cdot \sum_{l \in L} c_{rl} \right\} - \left\{ \alpha \cdot \sum_{r \in R} b_r + \beta (M - \sum_{r \in R} b_r) \right\} \right] + \delta \left[\sum_{f, X, B} d^*(f, X, B) \left\{ (C_0^f - C_0^B) - \gamma (T_0^f - T_0^B) \right\} \right] \quad (A)$$

ここで δ は、両者の便益の重みを示す係数である。

4. 制約条件

制約条件としては次の4つの条件を考える。

$$L_r \leq K_1 \quad (r=1, \dots, P) \quad \dots (2)$$

$$T_B^g(B, X) \leq K_2 \cdot T_0^g \quad (g=1, \dots, G) \quad \dots (3)$$

$$K_3 \leq H_r \leq K_4 \quad (r=1, \dots, P) \quad \dots (4)$$

$$\sum b_r \leq M \quad \dots (5)$$

(2)式は路線長に対する制約であり、各ターミナル間で与えられる路線に対してあまりにも大きな迂回を防ぐ制約条件である。(3)式はある路線の組合せが考えられたときに、O.D交通に対して目的地へいくまでの所要時間が車での通行時間に比較してあまりにも大きくなることはならないとする制約である。(4)式は各路線が設置された場合にその路線がもつべき運行間隔の上限と下限を示す制約条件式である。つまり K_3 は停留所でバスとバスの混雑がこころなつ運行間隔を示し、 K_4 はその路線がもつべきシビルミニマムの最低の運行間隔を示すものと考えている。(5)式は各路線でのバス台数の合計がバス台数の制約をこえないことを示す条件式である。

5. 解法のアルゴリズム

この問題は上記(2), (3), (4), (5)の制約条件のもとに、(1)の目的関数を最大にする路線の組合せ X と、バスの配置台数 B も決定する問題となる。以後図-2のフローチャートに従ってその解法についてのべる。

【路線列挙プログラム】ここではターミナルノード間において考えられるすべてのルートを列挙し、その中で同一ノード、同一リンクを通る路線、制約条件(2)をみたさない路線を除去し、路線長の短い順にならべあげておく。また制約条件(4)の上限の制約をみたすに必要なバス台数の計算も行っている。

【最適路線配置プログラム】路線列挙プログラムで得られたルートに対し、そのとりうる組合せ全体について解の検討をおこなう分枝限定法(Branch and Bound Method)の過程である。ここでは上記バスネットワークに1本づつ路線をのせることにより $T_0^g(X, B)$ を計算し、これをすべてのO.D交通に対して(3)の制約をみたし、かつすでに計

算されている各路線に必要なバス台数の合計が(5)の制約をみたしているときのみ最適な運行間隔の決定と目的関数の計算を行なっている。なお $T_0^g(B, X)$ の計算にはバスネットワークにおける歩行時間待ち時間をも含めた最短経路を探索するプログラムを用いている。

【最適運行間隔決定プログラム】このプログラムに入る路線の組合せは、制約(2)(3)(5)と(4)の運行間隔の下限をみたすものである。したがってここではバス台数に余りがあるかどうかを調べ余りがある場合には、制約条件(4)の下限をこえることのないように、余りのバス台数の配置のしかたを列挙しそれらについて目的関数の値を計算し、その路線の配置パターンと運行間隔を記憶している。

6. おわりに 上記過程のモデルネットワークに対する計算結果を得て、さらに、1日の需要変動に対する多段的な検討も行なっているが、ここでは紙面の都合上省略する。今後は、実用的なネットワークに対して、このモデルの適用を考えたい。

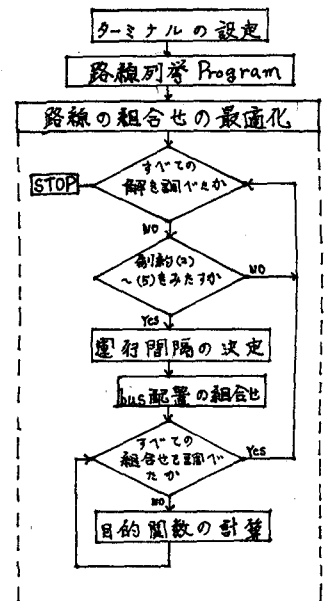


図-2