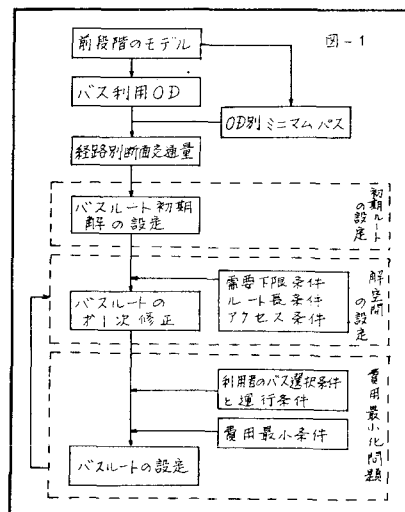


日本国有鉄道 正 菅原 操
東京工業大学 正 森地 茂
東京都 正 岩井 壮三

1. はじめに

近年の地方中核都市における地下鉄建設の進行は各種交通機関の有機結合の必要性から、バス路線網の再編の動きを高めてきた。バスは極めて住民の生活に密着した交通機関であるといえ、それだけにその路線決定は多くのローカルな特殊条件に左右される場合が多い。このような条件すべてを満たしつつバス路線網を決定する数理計量的方法は見出し得ないことは勿論、一般的条件下でのバス路線網決定問題もその解法はまだ明らかにされていない状態にあるといえる。

ここでは一試論として、マクロな視点からバス路線網の現状を検討し、バス路線網決定方法を提示するための基本的条件を整理した。このもとに図-1に示すフローを作り、バス路線網の決定について、グラフ理論の行列演算を用いた方法を提案した。



2. バス路線網決定問題の定式化

ここでは本研究の主眼である“利用者のバス選択条件と運行条件”について詳述し、それに就て定式化を試みる。“利用者のバス選択条件と運行条件”とは、複数系統のバスが一部区間を併行して走っている場合、利用者は目的地を通過するどのバスにも乗ることが出来る。また、バスの運行回数はこれを満たさなければならないということである。

いま、図-2のリンク $\overline{AB}$ におけるこの条件を示すと次のようになる。

$$x_k \geq \frac{1}{C} \left(V_{AC} + \frac{x_k}{x_k + x_r} V_{AB} \right) = \frac{1}{C} (V_{AC} + k_{PAB} \cdot V_{AB})$$

ただし V_{AB} : AB 間のOD交通量

x_k : k ルートのバス運行回数

C : バスの1台当り定員

k_{PAB} : AB 間OD交通量のうち、 k ルートに乗る客の割合

以後一般化して $V_{AB} \rightarrow V_i$, $k_{PAB} \rightarrow k_{Pi}$, $\exists k_{Vi} = k_{Pi} \cdot V_i$ と表わす。

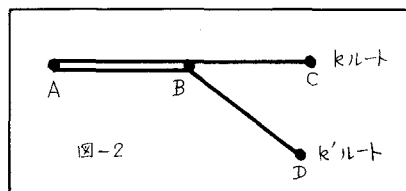
ここで、 k_{Pi} , k_{Vi} は次のように表わされる。

k_{Pi} = i ルートの運行回数 / i ODペアの乗りうつるすべてのルートの運行回数

$$= x_k / \sum_j r_{ij} x_j = x_k / y_i$$

ただし $r_{ij} = \begin{cases} 1 : i \text{ODペアの} j \text{OD間ルートを使うとき} \\ 0 : \text{その他のとき} \end{cases}$

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_N \end{pmatrix} = Y = R X = \{r_{ij}\} \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_N \end{pmatrix}$$



$$\begin{pmatrix} V_1 & \cdots & V_N \\ \vdots & & \vdots \\ V_1 & \cdots & V_N \end{pmatrix} = V^* = P V$$

$$= \begin{pmatrix} 1P_1 & \cdots & 1P_N \\ \vdots & & \vdots \\ NP_1 & \cdots & NP_N \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & & \vdots \\ 0 & \cdots & V_N \end{pmatrix}$$

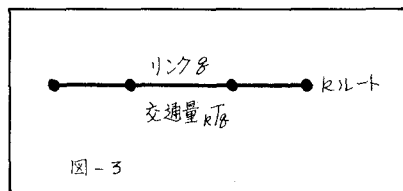
次にオクルートのリンク g に乗る乗客数 kTg を示そう。 この kTg によってオクルートの条件式は、

$$x_k \geq \frac{1}{c} * \text{MAX}_g (kTg) \quad \text{と表わされる。}$$

いま、図-3に示す kTg は次のように表わされる。

$$kTg = \sum_i kS_{ig} * rVi$$

$$\text{EEL} \quad kS_{ig} = \begin{cases} 1: \text{イODペアの人が、オクルートのリンクに乗るとき} \\ 0: \text{その他のとき} \end{cases}$$



ここで

$$\begin{aligned} (kT_1 \dots kT_M) &= k\pi = kV * kS \\ &= (rV_1 \dots rV_N) \begin{pmatrix} kS_{11} & \dots & kS_{1M} \\ \vdots & & \vdots \\ kS_{N1} & \dots & kS_{NM} \end{pmatrix} \end{aligned}$$

$\uparrow$
 V^* のオクルート行

$$\pi = \begin{pmatrix} \pi_1 \\ \vdots \\ \pi_M \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \pi_1 & \dots & \pi_M \\ \vdots & & \vdots \\ \pi_1 & \dots & \pi_M \end{pmatrix}$$

以上で“利用者のバス選択条件と運行条件”が示された。これを制約式として定式化すると次のようになる。

$$\text{制約式} \quad X^* \geq C\pi \quad ; \quad \text{EEL} \quad X^* = \begin{pmatrix} x_1 & x_1 & \dots & x_1 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_N & \dots & \dots & x_N \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} 1/c & \dots & 0 \\ \vdots & 1/c & \vdots \\ 0 & \dots & 1/c \end{pmatrix}$$

また、目的関数はミニマム。バスの条件より、タイムコスト最小と仮定して

$$\text{目的関数} \quad Z = D X \rightarrow \text{MIN} \quad ; \quad \text{EEL} \quad D: \text{距離ベクトル}$$

ここで、 $R = \{r_{ij}\}$ 及び $kS = \{kS_{ig}\}$ は次のようにして簡便に求めることができる。

インシデンス・マトリクス

$$L = \begin{pmatrix} \text{リンク} \\ \vdots \\ \text{リンク} \end{pmatrix}, \quad lig = \begin{cases} 1: \text{イクルートがリンクを通るとき} \\ 0: \text{その他のとき} \end{cases}$$

ドミネイト・マトリクス

$$R = \begin{pmatrix} \text{クルート} \\ \vdots \\ \text{クルート} \end{pmatrix}, \quad r_{ij} = \begin{cases} 1: \text{イクルートがクルートに支配されるとき} \\ 0: \text{その他のとき} \end{cases}$$

$$\text{ここで} \quad E_{ij} = \sum_{g=1}^M (lig - lig)$$

$$F_{ij} = \sum_{g=1}^M |lig - lig|$$

とすると

$$r_{ij} = \begin{cases} 1: & E_{ij} = F_{ij} \text{ のとき} \\ 0: & E_{ij} \neq F_{ij} \text{ のとき} \end{cases}$$

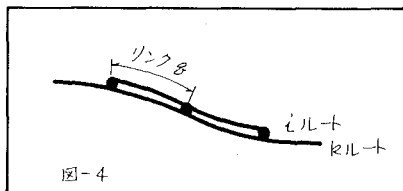
制約条件マトリクス

$$kS = \{kS_{ig}\} \quad \text{イクルートがクルートに支配され、かつイクルートがリンクを通るとき、イODペアの人がはクルートのリンクに乗車する} \Rightarrow kS_{ig} = 1$$

$$\text{すなわち、} \quad r_{ik} = 1 \text{ の } lig = 1 \Rightarrow kS_{ig} = 1$$

$$\text{よって} \quad kS_{ig} = r_{ik} * lig \quad (\text{図-4参照})$$

なお、ここでは制約式が非線型のため近似解法を用いた。



3. ケーススタディ

札幌市東南部を対象地域とした。現在札幌市においては地下鉄建設が進行しているが、ここでは昭和60年度における地下鉄路線網と想定し（前段階のモデルで求めた）本方法を試みた。図-5は地下鉄取への短絡系統について結果を示したものである。

