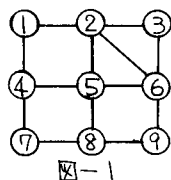


信州大学工学部 正会員 奥谷 徹
信州大学工学部 学生会員 ○牧野 芳男

1. まえがき 近年、都市交通は、自家用車の増大に伴って、排気ガス、騒音などの公害問題、公共大量輸送機関であるバス、路面電車の運行への問題など、いろいろな問題が生じてきている。これまで、これらの問題を解決するために、交通規制、車の改良など各分野から解決法が考えられ、行なわれてきた。しかし、いずれの場合も、十分な成果を得られないでいるようである。そこで、本研究では、都市交通問題の最大の原因である自家用車の量を形式上減らすために、公共大量輸送機関のバスに、自家用車のような利便さ、快適性を与えて、なるべく効率的な運行になるように、基本的な観点から、考察を行なってみた。

2. 最適化の方法 この方法は、路線をいくつか仮定し、路線ごとに配車されるバスの台数を変数にとり、それらの仮定した路線の中から、乗客の総旅行時間を最小にするような最適な路線とその路線に配車されるバスの台数をみつけだそうとする方法である。路線の仮定の仕方は、バスが発着点へ必ずしもどれるように仮定する。考えられる形としては、循環するような路線と、往復運転するような路線である。たとえば、図-1において路線を仮定してみると、①-②-①の往復運転、①-②-⑤-④の循環する運行や、①-②-⑥-⑤-②-①の循環する運行と往復運行の組合せなどが考えられる。仮定した路線の中から、どのようにして最適な路線を選んだらよいかにつ



いては、下記に述べるようにすればよい。まず、路線を決定しようとする地域において、ODと仮定された路線およびその路線に配車されるバスの台数とから、乗客の総所要時間(バス停でバスを待つ時間と、バスに乗車している時間との和)の関係式を作る。その式を目的関数とする。そして、おのおのの仮定した路線のリンクにおいて、乗客がバスの容量(定員)以下になる式と、仮定された路線に配車されるバスの台数が一定値(バスの総台数)以下になる関係を式化する。それらの式を制約条件とする。このようにして式化した目的関数と、制約条件式とから、目的関数を最小にする路線と、その路線ごとに配車されるバス台数を決定すればよい。

3. モデルの定式化

(1) 記号の説明 ①: バス停 ($i=1, 2, 3, 4, 5$).

a, b, c, d, e, f : リンク記号。 a_{ij} : ①から②へのOD数。

$T_a, T_b, T_c, T_d, T_e, T_f$: リンク片道のバス所要時間。

T_{ij}^k : ①-②間の仮定された路線のうち、 k 番目の路線の一回(

一往復)に要する時間。たとえば、図-2の②-⑤では、下記式(1)のように、仮定した路線がわかりやすいように表す。左辺第1項は、②から⑤へ、第2項は、⑤から②へ、左辺の要素が T_{ij}^k になる。

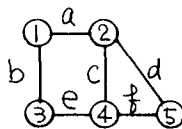


図-2

表-1

	1	2	3	4	5
1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}
2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	a_{25}
3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	a_{35}
4	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}	a_{45}
5	a_{51}	a_{52}	a_{53}	a_{54}	a_{55}

$$\text{ルート} \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix} \begin{matrix} a & b & c & d & e & f \\ | & | & | & | & | & | \\ | & | & | & | & | & | \\ | & | & | & | & | & | \end{matrix} \begin{bmatrix} T_a \\ T_b \\ T_c \\ T_d \\ T_e \\ T_f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a & b & c & d & e & f \\ | & | & | & | & | & | \\ | & | & | & | & | & | \\ | & | & | & | & | & | \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_a \\ T_b \\ T_c \\ T_d \\ T_e \\ T_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{12}^1 \\ T_{13}^2 \\ T_{24}^3 \\ T_{25}^4 \\ T_{34}^5 \\ T_{45}^6 \end{bmatrix} \quad (1)$$

x_{ij}^k : ①-②間の k 番目の路線の配車台数(変数)。 $x_{ij}^k / T_{ij}^k = R_{ij}^k \times S_{ij}^k$: ①-②間の k 番目の路線の単位時間あたりのバス台数を示す。

(2) 目的関数と制約条件式の設定の仕方 目的関数と制約条件式を作るために、乗客は、目的地まで乗換えをしないですす。目的地までの最短経路を通るようなバスに乗るとし、そのバスのうちでも、最初にバス停に来たバスに乗ると、仮定することにする。したがって、ODごとに、旅行時間は、次のような形の式となる。(①

①の i 番目の路線を利用する人数) $\times$ {仮定に合うバスの平均待ち時間} + {出発地のバス停から 目的地のバス停までの所要時間} の式になる。そして、目的関数は、それらの式の和で表わすことができる。仮定に合うバスの平均待ち時間とは、目的地まで乗換えをしないですむようなバスの単位時間あたりのバス台数 K の2倍の逆数である。制約条件式は、ODごとに①-④の i 路線を利用する人数から 乗客を i 路線の各リンクにおいてバスの容量をこえないような人数にする条件の式と、各路線に配車されるバス台数の合計が 与えうる可能なバスの総台数以下になるようにする条件の式とである。このようにして作られた目的関数 および 制約条件式は 非線形となるため この問題を解くには 非線形計画法によって解を求めなければならない。ここで、図-2において 目的関数と、制約条件式を作ってみる。まず、路線を 下記式(2)のように仮定する。

$$\begin{array}{c} 1-4 \\ 1-5 \end{array} \begin{array}{c} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{array} \begin{bmatrix} 1 & & & & & \\ & 1 & & & & \\ & & 1 & & & \\ & & & 1 & & \\ & & & & 1 & \\ & & & & & 1 \end{bmatrix} + \begin{array}{c} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{array} \begin{bmatrix} 1 & & & & & \\ & 1 & & & & \\ & & 1 & & & \\ & & & 1 & & \\ & & & & 1 & \\ & & & & & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & & & & & \\ & 1 & & & & \\ & & 1 & & & \\ & & & 1 & & \\ & & & & 1 & \\ & & & & & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

目的関数は
$$F = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^6 \frac{A_{i,j} \cdot K_{m,m}^e \cdot x_{m,m}^e}{K_{i,j}} \left(\frac{1}{K_{m,m}} + \frac{1}{2K_{i,j}} \right) - (3)$$
 である。

ただし $A_{i,j} = 0$ $K_{i,j}$: ①、④を通り ①から④へ行くバスの単位時間あたりの台数 $(K_{m,m}^e \cdot x_{m,m}^e$ をたし合した値)。また、式(3)の中には、定数の項となって表われる項もある。その項は、実際の計算において 結果に直接影響を与えないので省いて計算してもよい。制約条件式は、バスの総配車台数について、 $x_{14}^e + x_{15}^e + x_{45}^e + x_{54}^e + x_{51}^e + x_{41}^e \leq D$ (総台数) (4) 図-3(a)の路線に

において、 $a_{14}/(K_{14}^e x_{14}^e + K_{15}^e x_{15}^e + K_{45}^e x_{45}^e + K_{54}^e x_{54}^e + K_{51}^e x_{51}^e + K_{41}^e x_{41}^e) + a_{24}/(K_{24}^e x_{24}^e + K_{25}^e x_{25}^e + K_{55}^e x_{55}^e) + a_{23}/(K_{24}^e x_{24}^e + K_{25}^e x_{25}^e + K_{55}^e x_{55}^e) + a_{33}/(K_{34}^e x_{34}^e + K_{35}^e x_{35}^e + K_{55}^e x_{55}^e) + a_{41}/(K_{44}^e x_{44}^e + K_{45}^e x_{45}^e + K_{55}^e x_{55}^e) \leq C$ (バスの容量) - (5)
 $a_{23}/(K_{24}^e x_{24}^e + K_{25}^e x_{25}^e + K_{55}^e x_{55}^e) + a_{31}/(K_{34}^e x_{34}^e + K_{35}^e x_{35}^e + K_{55}^e x_{55}^e) + a_{41}/(K_{44}^e x_{44}^e + K_{45}^e x_{45}^e + K_{55}^e x_{55}^e) \leq C$ - (6)
 $a_{14}/(K_{14}^e x_{14}^e + K_{15}^e x_{15}^e + K_{45}^e x_{45}^e + K_{54}^e x_{54}^e + K_{51}^e x_{51}^e + K_{41}^e x_{41}^e) + a_{31}/(K_{34}^e x_{34}^e + K_{35}^e x_{35}^e + K_{55}^e x_{55}^e) + a_{32}/(K_{34}^e x_{34}^e + K_{35}^e x_{35}^e + K_{55}^e x_{55}^e) + K_{22}^e x_{22}^e + K_{23}^e x_{23}^e + K_{24}^e x_{24}^e + K_{25}^e x_{25}^e \leq C$ - (7)
 $a_{12}/(K_{14}^e x_{14}^e + K_{15}^e x_{15}^e + K_{45}^e x_{45}^e + K_{54}^e x_{54}^e + K_{51}^e x_{51}^e + K_{41}^e x_{41}^e) + a_{32}/(K_{34}^e x_{34}^e + K_{35}^e x_{35}^e + K_{55}^e x_{55}^e) + a_{42}/(K_{44}^e x_{44}^e + K_{45}^e x_{45}^e + K_{55}^e x_{55}^e) + K_{11}^e x_{11}^e + K_{12}^e x_{12}^e + K_{13}^e x_{13}^e + K_{14}^e x_{14}^e + K_{15}^e x_{15}^e \leq C$ - (8) 以下、他の路線についても同様である。

4. 計算例 図-4のような京都市の河原町通りと 烏丸通り

において バスの総配車台数を30台、バス1台あたりの容量を50人にし、1日の平均ODを用いて 図-3のような路線を仮定して 計算を行なった結果 図-3における(c)図の路線と、(d)図の路線とに5台ずつ (e)図と(f)図の路線とに10台ずつ配車することが、乗客にとって 最も利用しやすいバスの運行になることが求められた。この計算例を解くには、コンプレックス法を用いた。

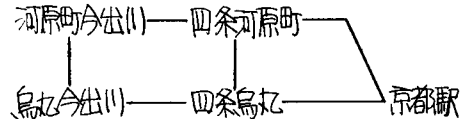


図-4

5. あとがき 計算例からみて 乗換えをしないですむようなバスの運行にした場合、どちらかという、路線の長いものに、配車されるバスの台数が増える傾向がある。この傾向は、OD量の多いリンクと、少ないリンクとで、混雑の度合いに差が生じるので、快適性の点において、不公平のような気もするが、乗客の総旅行時間を最小にしたことによるものであるし、乗客数にも制限を加えていることもあるので、混んだからと言って、それほど問題になることではなからうかと思える。ただ、問題となるであろう点は、ODの少ないリンクにおいて、空席分のむだが生じるであろうということである。これは、バスの容量を小さくし、総台数を増すことによって、解決できるにはできるが、総台数(運転手)にも制限があるであろうから、今後の課題となる。

【参考文献】 河上省吾：第19回土木学会年次学術講演概要 昭和39年5月

京都市交通局：交通調査集計資料