

名古屋大学工学部 正員 河上省吾  
 “ “ 広島康裕  
 東京大学大学院 学生員 〇横井博志

### 1 はじめに

都市内の各種交通網からなる交通体系において、交通需要が各種交通手段に如何に分担されるかが望ましいかという立場から線型計画法(LP)を用いて最適交通機関分担率を決定するモデルを定式化し、その名古屋市への適用例を示す。消費者選好状態、交通手段の供給量、サービス水準を考慮して消費者にとって望ましいモーダルスプリットをトプにより求めるモデルはすでに提案されているが、さらにいくつかの制約条件を付加するとともに、交通混雑現象を評価する式を導入し、社会的費用も考慮することにより、都市交通のトータルシステムの最適化へと拡張しようとするものである。

### 2. 都市交通システムの定式化

交通手段として自動車とバス、鉄道を考える。ゾーン数 $m$ 、ゾーン $i$ から $j$ へのトリップの分担率を $P_{ij}^A$ ,  $P_{ij}^B$ ,  $P_{ij}^C$ とする。ここに添字C, B, Rはそれぞれ自動車、バス、鉄道によることを示す(以下同じ)。まず、

$$P_{ij}^C + P_{ij}^B + P_{ij}^R = 1 \quad (i, j = 1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

各手段とも $m$ ,  $m$ ,  $m$ 本の経路があるとする。ば、

$$P_{ij}^C = \sum_{k=1}^m P_{ijk}^C, \quad P_{ij}^B = \sum_{k=1}^m P_{ijk}^B, \quad P_{ij}^R = \sum_{k=1}^m P_{ijk}^R \quad (i, j = 1, 2, \dots, m, \quad k = 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

バスと鉄道の競合経路がある時は( $P_{ijk}^B = P_{ijk}^B + P_{ijk}^R$ )のように適宜修正すればよい。

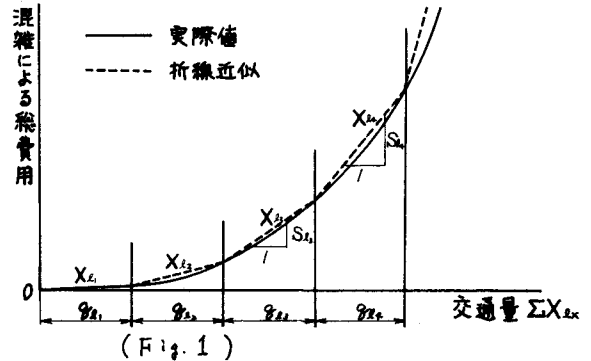
さて各リンクの交通量と交通混雑に伴って生じる私的、社会的費用の総和との間にFig.1に示す関係があるとすれば、それを折線近似することにより、交通混雑現象は次式により評価できる。

$$\frac{1}{n_c} \sum_{i,j} \sum_{k,l} t_{ij} P_{ijk}^C P_{ijl}^C + \frac{1}{n_b} \sum_{i,j} \sum_{k,l} t_{ij} P_{ijk}^B P_{ijl}^B = \sum_{l=1}^{x_0} X_{lx} \quad (l = 1, 2, \dots, l_c) \quad (3)$$

$$X_{lx} \leq g_{lx} \quad (x = 1, 2, \dots, x_0, \quad l = 1, 2, \dots, l_c) \quad (4)$$

ここに $n_c$ は自動車の平均乗車人数、 $n_b$ はバスの乗車換算係数、 $t_{ij}$ は $i, j$ 間のOD分布交通量、 $\delta_{ijk}$ は $i, j$ 間の経路 $k$ の交通がリンク $l$ (リンク数 $l_c$ )を通

る時1、その他0の定数。(3)はリンク $l$ の交通量を交通混雑を評価する変数 $X_{lx}$ ( $x=1, 2, \dots, x_0$ )に置き換える式でFig.1の折線の各々の傾きが、目的関数における $X_{lx}$ の係数となる。



また $\sum_{x=1}^{x_0} g_{lx}$ はリンク $l$ の鉄道容量であり(3)(4)は同時に容量による制約条件を表わしている。

鉄道はリンク $l$ ( $l=1, 2, \dots, l_c$ )の輸送能力の限界から

$$\sum_{i,j} \sum_{k,l} t_{ij} P_{ijk}^R \delta_{ijl} \leq C_l^R \quad (l=1, 2, \dots, l_c) \quad (5)$$

バスは設定された系統 $t$ ( $t=1, 2, \dots, t_0$ )に任意の台数 $B_t$ に分配できるが、総台数では限度 $B_{total}$ があるとする。

$$\sum_{i,j} \sum_{k,l} t_{ij} P_{ijk}^B \delta_{ijl} \leq C_l^B \sum_{t=1}^{t_0} B_t \delta_{ijl} \quad (l=1, 2, \dots, l_c) \quad (6)$$

$$\sum_{t=1}^{t_0} B_t \leq B_{total} \quad (7)$$

ここに $C_l^B$ はバス1台の輸送能力、 $t$ は設定時間帯におけるバス系統 $t$ のバス1台あたりの運転回数、 $\delta_{ijl}$ は系統 $t$ がリンク $l$ を通る時1その他0の定数。これにより、最適分担率と同時に適切なバスの系統への分配も決定される。

次に駐車場容量制限を考えると、ゾーンの駐車可能台数(回転率により補正を行つたもの)を $P_i$ とすれば、

$$\frac{1}{n_c} \sum_{i,j} \sum_{k,l} t_{ij} P_{ijk}^C \leq P_i \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (8)$$

環境面での制約を、自動車排気ガスを例にとり、ある地域 $z$ に対して、

$$\frac{1}{n_c} \sum_{i,j} \sum_{k,l} t_{ij} P_{ijk}^C E_{kz} + \frac{1}{n_b} \sum_{i,j} \sum_{k,l} t_{ij} P_{ijk}^B E_{kz} \leq g_z \quad (z=1, 2, \dots, z_0) \quad (9)$$

ここに \$C\_{ijk}\$ は自動車バスの走行台キロあたり排気ガス排出量、\$e\_{ijk}\$ は \$ij\$ 間経路 \$k\$ の交通の地域 \$z\$ への大気汚染に対する影響度を示す係数、\$g\_{zjk}\$ は地域 \$z\$ の排気ガスに対する環境容量である。

最後にマストランシット以外の交通手段を持たない (\$ij\$ 間に \$P\_{ij}^m\$ の割合で存在するとする) に対して交通手段を確保するために

$$P_{ij}^b + P_{ij}^c \geq P_{ij}^m \quad (i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,n) \quad (10)$$

以上 (1) ~ (10) の制約条件に対し混雑費用、社会的費用を含めた交通に関する総費用を最小にすることを目的関数とし、その時の分担率を最適分担率とする。すなわち、

$$\begin{aligned} \min Z = & \sum_i \sum_j \sum_k C_{ijk} t_{ij} P_{ijk} + \sum_i \sum_j \sum_k e_{ijk} P_{ijk} \\ & + \sum_i \sum_j \sum_k C_{ijk} t_{ij} P_{ijk}^c + \sum_i \sum_j \sum_k C_{ijk} t_{ij} P_{ijk}^b + \sum_i \sum_k S_{ik} X_{ik} \\ \text{sub. to } & (1) \sim (10) \end{aligned}$$

ここに \$C\_{ijk}^b\$, \$C\_{ijk}^c\$, \$C\_{ijk}^p\$ は自動車、バス、鉄道の \$ij\$ 間経路 \$k\$ の交通に要する費用で、時間的費用や社会的費用を含む交通のフロー一時の費用、\$C\_{ij}\$ はゾーンの駐車費用、\$S\_{ik}\$ は前述の交通混雑を評価する係数である。

### 3. 名古屋市への適用

上記のモデルを名古屋市通勤通学交通に対して適用した例を示す。中京都市群<sup>(2)</sup>パーソントリップ調査<sup>(2)</sup>の行われた1971年を対象とし、名古屋市Bゾーン(16ゾーン)のODペアの最適分担率を求める。交通手段は自動車とマストランシットの2手段とし、交通ネットワークは当時のままとして、実際の分担率との比較検討を行なう。

道路の交通量と所要時間の関係は、同調査で用いられた交通量-速度曲線から求めた。バスは当時の総台数1600台がフル回転するものとし、1台100人を限度とし、鉄道は混雑度150%を限度とした。自動車の走行費用は燃料費、減価消却費、社会的費用<sup>(3)</sup>などを考慮して23.2%とし、マストランシットの費用については定期券費用から求めた。混雑費用としては、ここでは混雑に伴って生じる時間的おくれのみを考慮することにし、前述の交通量所要時間関数から各リンクごとに交通量と総おくれ時間との関係をも求めて、それをも本分析線近似することにより、2目的関数の係数を決定した。ここに時間評価値は、同調査による9.7%を採用した。また所要時間やOD表も同調査による値を用い、通学

交通については100%マストランシットを利用することを条件とした。なお今回は、駐車場容量および環境上の制約条件については考慮していない。

以上の仮定に基づいて決定された係数を用いてLPを解いた。最適分担率などの計算結果と、その意味などについては当日能表する。交通ネットワークや種々のグラフ等紙面の都合で掲載できなから、そのものについてもその時能表する。

### 4. 問題点および今後の課題

ここに述べた最適分担率決定モデルは、まだ不十分な部分もあり、また適用に際していろいろな問題点がある。そのいくつかを考察して今後の課題としたい。

(1) このモデルで決定される最適分担率は現実の分担率と必ずしもよく一致するものではない。むしろ交通規制や料金政策などを含む交通政策または交通施設計画によつて交通機関分担関係を適正に調整するための指標と考えるべきであろう。したがって最適分担率を実現するためには、まだ何段階かの検討が必要である。

(2) 全体の最適には必ずしも各交通主体にとつて最適化を保証するものではないので、両者の調整機構をもったモデルにすることが必要である。

(3) 交通に関する総費用最小のような単純な目的関数ではなくて交通と都市構造との関係をも同時に評価するものにしなければならない。

(4) 実際に適用する場合、係数の決定が大きな問題となる。この適用例においても、係数をかなり大胆に仮定せざるを得ない箇所もあった。感度分析などによつて一部はチェックできるが、全体に計量困難な係数が多いため係数の決定方法に関して十分な検討が必要である。

なお、計算には名古屋大学大型計算機センターのFACOM 230-60を使用した。

### 参考文献

- (1) 青山吉隆:「モダリティスプリットのLPモデルについて」第29回土木学会年次学術講演概要集(1974)
- (2) 「中京都市群パーソントリップ調査報告書現況分析編」中京都市群パーソントリップ協議会(1974)
- (3) 宇沢弘文:「自動車の社会的費用」岩波書店(1974)