

名古屋工業大学 正員 松井 寛
同 大学院 〇学生員 山下 益 宏
同 大学院 学生員 鎌田 直 人

(1) はじめに 道路上におけるリンク走行費用や経路選択基準を異にする2つ以上の異なるタイプの車(以下モードと呼ぶ)が、同一の道路ネットワークを共用する場合の最適化問題は、既に発表済みであるので、本稿ではその一応用例として、複数の〇Dトリップペアのある場合の乗用車とバスの混合交通について、最適分担率および最適フローを求める解法を発表する。

(2) 問題の定式化 定式化に必要な記号と変数を以下のように定義する。

N_i : 第 i 番目の〇Dトリップ数。

x_i^k, y_i^k : 〇D i において経路 k を通る乗用車およびバスのトリップ数を表す変数(バスフロー)。

c_j, c_j^* : リンク j における乗用車およびバスの走行時間で、共に x_i^k, y_i^k の関数となっている。

k_i, k_i^* : 〇D i において記憶している乗用車およびバスの経路本数。

$\delta_{ij}^k, \delta_{ij}^{k*}$: 〇D i において経路 k がリンク j を通れば1、通らなければ0を表すダミー変数。

評価基準として輸送人時間最小化基準をとれば、問題は次のように定式化される。

〇D保存条件 $\sum_{k=1}^{k_i} x_i^k + \sum_{k=1}^{k_i^*} y_i^k = N_i \dots\dots(1)$ の下で、目的関数 $F \equiv \sum_i \sum_j (\sum_{k=1}^{k_i} \delta_{ij}^k x_i^k c_j + \sum_{k=1}^{k_i^*} \delta_{ij}^{k*} y_i^k c_j^*) \dots\dots(3)$ を最小化せよ。	非負条件 $x_i^k \geq 0, y_i^k \geq 0 \dots\dots(2)$
--	---

つぎに乗用車の経路選択基準として等時間原則を仮定する。等時間原則配分はある種の関数(F_x とおく)を最小化することと同値であるが、ここでは利用されている経路の走行時間は等しく利用されていない経路のそれより小さいということより、 λ_i を〇D i の利用経路の走行時間とすれば、

$$x_i^k > 0 \text{ のとき } \sum_j \delta_{ij}^k c_j = \lambda_i \dots\dots(4) \quad x_i^k = 0 \text{ のとき } \sum_j \delta_{ij}^k c_j \geq \lambda_i \dots\dots(5)$$

となる。一方バスの経路選択基準は総走行時間(F_y とおく)最小化基準とする。この基準は F_y を変換して等時間原則配分の手法で解かれることが知られており次の(6)(7)式と同値である。

$$y_i^k > 0 \text{ のとき } \sum_j \delta_{ij}^{k*} (c_j^* + y_i^k \frac{\partial c_j^*}{\partial y_i^k}) = \mu_i \dots\dots(6) \quad y_i^k = 0 \text{ のとき } \sum_j \delta_{ij}^{k*} (c_j^* + y_i^k \frac{\partial c_j^*}{\partial y_i^k}) \geq \mu_i \dots\dots(7)$$

乗用車の等時間原則配分、バスの総走行時間最小化配分は共にそれぞれ自体一つの最適化問題であるが、また全体の最適化問題の制約条件とも考えられる。したがって問題は(1)(2)式、(4)(5)式、(6)(7)式の下で(3)式を最小化する問題に帰着される。

(3) 経路探索について 以上のように本モデルは全体システムと部分システムから成る2レベルのシステムである。それに対応して変数の採択も、まず全体システムの限界走行時間($\frac{\partial F(x^0, y^0)}{\partial x_i^k}$, $\frac{\partial F(x^0, y^0)}{\partial y_i^k}$, x^0, y^0 は前回の配分結果)を最小にする経路 P を探索し、さらにその経路に関する部分システムの限界走行時間($\frac{\partial F_x(x^0, y^0)}{\partial x_i^k}$ or $\frac{\partial F_y(x^0, y^0)}{\partial y_i^k}$)を最小にする経路 P を採択するという2段階の方法が適している。繰り返し計算においてこの方法で毎回の計算に必要な変数を採択していけば解は最適解に近づいていくことが期待できる。

(4) 計算の手順 〇〇トリップヤアが複数個ある場合の手順を以下に示す。

- ①与えられた全ての〇〇トリップヤアを距離が最も短くなる経路に、乗用車トリップとして予備配分する。またその経路を乗用車の利用する経路として記憶する。
- ②配分結果をもとに全てのリンクについてモードごとの走行時間、限界走行時間を計算する。
- ③モードごとに限界走行時間最小の経路を探索し、最小となる経路が乗用車であれば乗用車走行時間最小の経路を、バスであればバス限界走行時間最小の経路を利用する経路として記憶する。
- ④ある〇〇ヤアに着目し他の〇〇ヤアを固定した状態で、記憶した経路による最適フローを計算する。
- ⑤得られた解の中に負の値があればその経路を利用しない経路とし、④に戻って計算をやりなおす。
- ⑥手順②に戻り以上の計算をすべての〇〇ヤアについて行ない、解が収束するまで繰り返す。

(5) 計算例 走行時間関数として次のような線形走行関数を用いる。

$$C_j = q_j (\alpha \sum_{i \in N} x_{ij}^* + \beta \sum_{i \in N} y_{ij}^*) + b_j \quad \dots (8)$$

$$C_j = q_j (\alpha \sum_{i \in N} x_{ij}^* + \beta \sum_{i \in N} y_{ij}^*) + b_j \quad \dots (9)$$

ここで q_j, b_j は図-1のQ-V曲線から求めるリンクごとの特性値であり、 α, β は平均乗車人員、バスの乗用車換算係数から定まる係数で、 $\alpha = 1/1.2$ 人、 $\beta = 1.75/50$ 人とする。またネットワークを図-2に示すように仮定し、各〇〇トリップ数の総トリップ数に対する比を表-1のように仮定して、総トリップ数を4000人/h、8000人/h

20000人/hと変えてそれぞれ計算する。

結果は表-2、表-3、図-3、4、5のようになり、総トリップ数が増加した場合の最適フローはバスの分担率を増加させなければならないことがわかった。またトリップ数が増加すると転換の割合が交通量の増加を上回るため、結果的に交通量が減少していく点も興味深い。

(6) おわりに 今回は他に何も制約がない場合を解いたが、固定客がある場合のような実際の面への適用は今後の課題としたい。

(1) 松村寛「多モードの最適ネットワークフロー問題」第32回土木学会年次講演会概要(S52)

表-1 各〇〇トリップの総トリップに対する比

〇〇	1	2	3	4	5	6
乗用車	0.05	0.1	0.1	0.2	1	
バス		0.1	0.05	0.1	2	
			0.1	0.05	3	
				0.15	4	

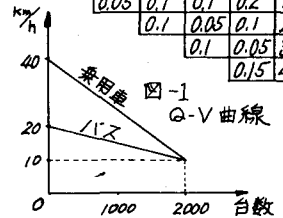


表-2 バス分担率

	総トリップ 数(人/h)	乗用車の数 乗用バス	乗用車の数 乗用バス	乗用車の割合 回数	平均トリップ 時間(分)	バス分 担率(%)
ex1	4000	11	4	2回	34.5	0
ex2	8000	13	11	6回	39.5	68.2
ex3	20000	13	14	6回	42.0	95.2

表-3 リンク走行時間

リンク	ex. 1				ex. 2				ex. 3			
	乗用車	バス	乗用車	バス	乗用車	バス	乗用車	バス	乗用車	バス	乗用車	バス
1	443	17.5	0	257	333	15.8	0	245	232	15.0	30	24.0
2	724	21.9	0	28.6	0	11.8	48	21.9	0	13.5	11.0	23.0
3	333	27.0	0	420	363	28.1	7	428	232	26.2	40	41.4
4	500	13.1	0	18.8	522	13.6	11	19.1	568	14.7	41	19.8
5	500	28.6	0	33.8	522	24.5	11	34.3	568	26.5	41	35.6
6	610	44.2	0	54.8	363	32.8	7	49.7	0	23.8	50	43.8
7	557	35.8	0	49.9	333	30.9	32	46.6	0	24.1	90	42.1
8	500	39.4	0	56.3	22	24.6	23	46.4	0	26.0	60	47.4

図-2 ネットワーク

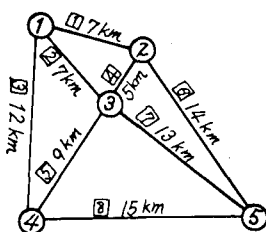


図-3 ex.1

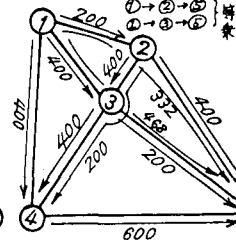


図-4 ex.2

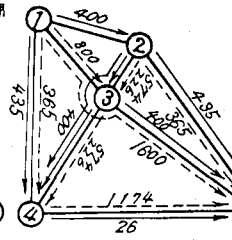


図-5 ex.3

