

名古屋工業大学 学生員 ○浅井 慶一郎
名古屋工業大学 正員 松井 寛
大阪府 正員 近沢 龍一

1. まえがき

従来扱われてきた交通量配分問題は、OD表に基づく静的配分が主である。そこで本研究では、時々刻々と変化する交通需要を対象とした動的な交通量配分問題を考え、総所要時間最小化配分および等時間原則配分の各配分モデルを取り上げ、その理論と解法さらに実用性まで明らかにしようとするものである。総所要時間最小化配分は制御時間内に流入してくる交通が流出するまでに要する時間が全体として最小になるように、また等時間原則配分は任意の時刻に到着した交通が最短時間となる経路を選択できるように配分するものである。

2. 定式化

2-1. 交通流に関する状態方程式

まず、交通流の状態を記述するパラメーターとして交通密度を用いる。対象とする道路網をいくつかの区間に分割し、第*i*区間の交通密度の時間的変化率を $\dot{x}_i(t)$ とすると次式で表わされる。

$$l_i \dot{x}_i(t) = Q_i^{in}(t) - Q_i^{out}(t) \tag{1}$$

ここに、 l_i は第*i*区間の区間長、 $Q_i^{in}(t)$ は時刻*t*に第*i*区間に流入する交通量、 $Q_i^{out}(t)$ は同じく流出する交通量である。

一般に、区間速度は交通密度の一次単調減少関数として表わされるから、ここでは直線式を仮定し、また交通量*Q*=密度*K*×速度*V*の関係より流入および流出交通量は次式のように示される。

$$Q_i^{out}(t) = (A_i - B_i x_i(t)) \cdot x_i(t) \tag{2}$$

$$Q_i^{in}(t) = P_i(t) + U_i(t) Q_i^{out}(t) = P_i(t) + U_i(t) \cdot (A_{i-1} - B_{i-1} x_{i-1}(t)) \cdot x_{i-1}(t) \tag{3}$$

ここに、 A_i, B_i は道路の規格によって決まる定数であり、 $P_i(t)$ は時刻*t*に第*i*区間に新たに発生してくる交通量、 $U_i(t)$ は制御変数であり、次式を満足しなければならない。ただし分岐部以外では $U_i(t) = 1$ である。

$$0 \leq U_i(t) \leq 1 \tag{4}$$

以上により①式は次式のように表わされる。

$$l_i \dot{x}_i(t) = P_i(t) + U_i(t) (A_{i-1} - B_{i-1} x_{i-1}(t)) x_{i-1}(t) - (A_i - B_i x_i(t)) x_i(t) \tag{5}$$

2-2. 評価関数

総所要時間最小化配分および等時間原則配分における評価関数はそれぞれFig. 2のi), ii)で示される斜線部分の面積を最小化することである。

i) 総所要時間最小化配分

$$J_1 = \sum_i \int_0^T x_i(t) dt \longrightarrow \min \tag{6}$$

T: 制御時間

$x_i(t)$: 第*i*区間の時刻*t*における存在台数、すなわち $x_i(t) = l_i x_i(t)$

ii) 等時間原則配分

$$J_2 = \sum_i \int_0^{x_i^*} t_i dx \longrightarrow \min \tag{7}$$

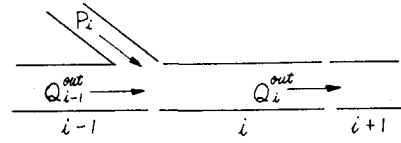


Fig. 1

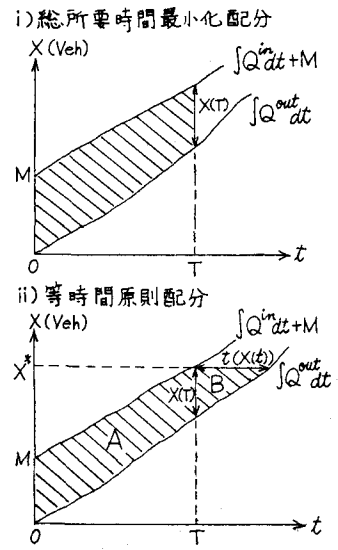


Fig. 2

X^* : 制御時間 T の間に経路に流入した累積台数

以上により、問題は状態方程式⑤、制約条件④のもとで、評価関数⑥および⑦を最小化するという非線形最適化問題として定式化された。

2-3. 最適化計算の手法

この問題では、状態方程式が非線形微分方程式であるため、解析的に解くのは困難である。したがって適当な時間間隔で変数を離散化して最適解を求める離散形最大原理を適用する。さらに等時間原則配分の場合、積分範囲 X^* が経路によって異なるためにこのままでは最大原理が適用できない。そこでFig.2 ii)における斜線部Bを三角形近似することにより、評価関数を以下のように置き換えた。

$$J_2 = \sum_i \int_0^T X_i(t) dt + \sum_k \frac{X_k^2(t)}{2S_k(t)} \longrightarrow \min \quad (8)$$

$X_k(t)$: 時刻 t における経路 k の存在台数

$S_k(t)$: 時刻 t における経路 k からの流出台数

またいずれの配分モデルにおいても、状態方程式⑤が制御変数 $u_i(t)$ に関して線形であるため、 $u_i(t)$ が1と0の間で切り替わるBang-Bang制御となる。

3. 数値計算例

Fig.3に示すような1OD2経路の道路網をモデルとし、

各経路をそれぞれ3分割して最適化計算を行なった。制御時

間は $T=60$ 分、時間間隔を30秒とし、流入交通量は1/2分ごとに变化し、順に $Q(t)=50, 65, 60, 55, 70$ (台/分)とした。各経路の道路条件は図に示す通りであり、初期値として道路状況は、Route 1が各区間当り60台とやや多く、Route 2が同じく20台とはば自由走行状態にあると仮定した。以上の設定のもとで、総所要時間最小化配分および等時間原則配分のそれぞれについての計算結果の一部をTable 1に示す。また、各計算結果の妥当性を明らかにするため、等時間原則配分では利用される経路と利用されない経路の所要時間の比較を行ない、また総所要時間最小化配分と等時間原則配分の総所要時間の比較を行なった。表から分かるように、どちらの配分においてもその条件を満足している。

Table 1

流入時刻 (Min)	流入交通量 (Veh/Min)	総所要時間 最小化配分		等時間原則配分				
		U1	U2	U1	U2	T1 (Min)	T2 (Min)	T1-T2
*	*	*	*	*	*	*	*	*
31.00	65.00	0.0	1.0	0.0	1.0	4.096	3.939	0.157
31.50	65.00	1.0	0.0	1.0	0.0	3.873	4.143	-0.270
32.00	60.00	0.0	1.0	1.0	0.0	3.849	4.142	-0.293
32.50	60.00	1.0	0.0	0.0	1.0	4.069	3.973	0.096
33.00	60.00	0.0	1.0	1.0	0.0	3.824	4.161	-0.337
33.50	60.00	1.0	0.0	0.0	1.0	4.095	3.938	0.157
34.00	60.00	0.0	1.0	1.0	0.0	3.872	4.140	-0.268
34.50	60.00	1.0	0.0	1.0	0.0	3.846	4.137	-0.291
35.00	60.00	0.0	1.0	0.0	1.0	4.062	3.961	0.101
35.50	60.00	1.0	0.0	1.0	0.0	3.810	4.142	-0.332
36.00	60.00	0.0	1.0	0.0	1.0	4.038	3.917	0.121
36.50	60.00	1.0	0.0	1.0	0.0	3.831	4.094	-0.263
37.00	60.00	0.0	1.0	1.0	0.0	3.798	4.091	-0.294
37.50	60.00	1.0	0.0	0.0	1.0	3.989	3.936	0.053
38.00	60.00	1.0	0.0	1.0	0.0	3.767	4.103	-0.336
38.50	60.00	0.0	1.0	0.0	1.0	4.000	3.903	0.097
39.00	60.00	1.0	0.0	1.0	0.0	3.806	4.082	-0.276
39.50	60.00	0.0	1.0	1.0	0.0	3.778	4.083	-0.304
40.00	60.00	1.0	0.0	0.0	1.0	3.972	3.931	0.041
*	*	*	*	*	*	*	*	*
総所要時間		233.8695		234.1387		(Veh*Hour)		

T1: Route1の所要時間

T2: Route2の所要時間

参考文献

i) 松井・佐藤・木下「動的交通量配分に関する一考察」土木学会中部支部, 1981年

ii) 松井・浅井・近実「動的等時間原則配分理論の解法に関する研究」土木学会中部支部, 1982年