

名古屋工業大学 学生員○丹羽 知紀

名古屋工業大学 正 員 松井 寛

名古屋工業大学 正 員 溝上 章志

1. はじめに 道路網中に並行したルートがあり、その分岐点において道路情報を与えることによって、両路線の交通量を最適な水準に制御することを「ルートコントロール」と呼ぶ。既に日本道路公団では京葉道路・東関東自動車道上の宮木野JCT-箱崎IC間で予測旅行時間計算によりルートコントロールを行っているが、本研究では直接旅行時間を計算することなしに、最適制御解を理論的に求めるため、離散型最大原理を用いた動的交通量配分理論を一般道路を想定して信号待ち行列を含むモデル道路網に適用し、数値計算によりその実用性と問題点を検討することを目的としている。

2. 交通流の数学的表示 道路網を必要に応じた区間に分割し、その区間密度と（待ち行列がある場合には）待ち行列台数を状態変数として、道路上を走行する車を巨視的に扱うものが、状態方程式である。

たとえば、図1に示す道路網における交通流の状態方程式は以下ようになる。

$$(L_j - G \cdot Y_{jk}) \cdot \dot{X}_{jk} = U_k \cdot Q - q_j(X_{jk}) \quad (1)$$

$$\dot{Y}_{jk} = q_j(X_{jk}) - V_j \quad (2)$$

$$L_{j+1} \cdot \dot{X}_{j+1,k} = V_j - C_{j+1,j+2}(X_{j+2}) \cdot q_{j+1}(X_{j+1,k}) \quad (3)$$

3. 最適制御のための条件 ルートコントロール

における交通流の配分規範としては、総所要時間最小化配分と等時間原則配分の2つに代表される。ここではより実用に適していると言われる等時間原則配分を用いる。等時間原則配分とは、各ドライバーが自己にとって最短時間で通過できるルートを選択するものであり、この規範を満足する配分結果を得るための条件は次の最適化問題で表現できる。

$$J(T) = \sum_k \int_0^{X_k^*(t)} T(X) dX \rightarrow \min \quad (4)$$

ここで

$$X_k^*(t) = \int_0^t q_k(t) dt + M^k$$

M^k : $X_k^*(t)$ の初期値

$q_k(t)$: ルートKへの流入交通量

$T(X)$: ルートKへ流入したX台目の車がルートK

を通過するのに要する所要時間

記号の説明

- X_{jk} ルートK, 区間jの区間密度
- Y_{jk} ルートK, 区間jの待ち行列台数
- L_j ルートK, 区間jの区間長
- G 待ち行列台数を待ち行列長に換算するための係数
- Q 道路網への流入交通量
- U_k Q のうちルートKに流入する交通量の比率を表す制御変数
- q_j ルートK, 区間jの交通量
- V_j 待ち行列からの流出交通量
- $C_{j+1,j+2}$ 区間jからj+1への流出係数

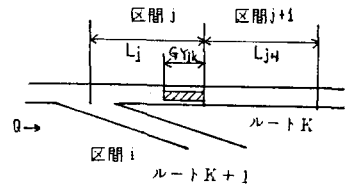


図1 道路例

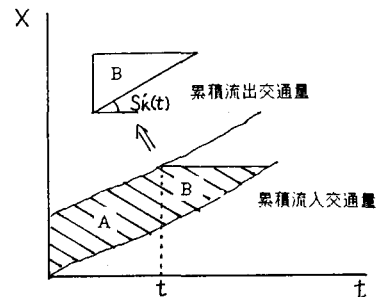


図2 等時間原則

なお $J(T)$ 図 2 の斜線部に相当する。しかし式 (4) はルートにより積分範囲が異なるため、直接計算することは困難である。そこで図 2 に示すように斜線部を A, B の 2 つに分割し、B を三角形近似することにより、 $J(T)$ を次のように改める。

$$J(T) = \sum_K \left\{ \int_0^T \sum_j \{ (L_j - G \cdot y_{jk}(t)) \cdot x_{jk}(t) + y_{jk}(t) \} dt + \frac{[\sum_j \{ (L_j - G \cdot y_{jk}(t)) \cdot x_{jk}(t) + y_{jk}(t) \}]^2}{2 \cdot S_K(t)} \right\} \quad (5)$$

ここで $S_K(t)$ は時刻 t 以前のルート K からの流出交通量の平均とする。

4. 計算例

図 3 に示すような道路網を考える。2 本のル

ートの長さはそれぞれ 8 km と 7 km であり、同一の道路規格 (片側 1 車線、交通容量 27 台/時、飽和密度 0.11 台/m) を持つ。また途中にある信号は各ルートの中央に位置し、ともに 1 サイクルは 60 秒 (青時間 30 秒) とする。初期値として、全ての走行区間密度を 0.012 台/m、待ち行列台数を 2 台と仮定した。制御時間 T を 30 分、演算のための離散化時間間隔 Δt を 3 秒、制御切り替え単位時間 DT を 1

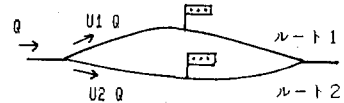


図3 適用道路網

分または 2 分として計算を行った時の制御を表 1 にしめす。

5. 計算結果に対する考察

表 1 の

ように、常にどちらか一方のルートへ流れるという bang-bang 制御になっている。ただ数箇所で所要時間の長い方へ流すという制御ミス (表中の / 印) を犯しているが、制御ミスの箇所はいずれも 2 本のルートの所要時間差が最大でも 40 秒以内であり、実用的には満足すべき結果といえよう。この制御ミスは $J(T)$ を三角形近似したときに生じた誤差によるものと考えられる。また DT は小さい方がよきめの細かい制御を行うことができるが、実用面から考えれば DT が小さすぎると利用者に混乱を生じさせることが予想されることから、適切な制御切り替え単位時間を設定する必要がある。

6. おわりに

この計算例では需要交通量をすべて制御の対象としたが、実際の道路交通流に適用するとき、たとえば需要交通量の 1 部が制御に従わず決まったルートを決定的に選択したり、コントロールポイント以外から制御の対象とならない別の OD 交通量が、ルートに流入することが考えられる。しかしこれらの交通量を制御とは無関係な基本交通量としてあらかじめルートに配分しておけば、同様にして解くことができる。

今後はより複雑な道路網への適用を行い、本理論の実用化をはかることが課題である。

<参考文献> 1 日本道路公団 「京葉地区 道路交通情報提供システム」

2. 松井寛 「総走行時間最小化配分と等時間原則配分の動的化」 土木学会論文報告集 339 号

時間 (分)	流入 交通量 (台/分)	DT = 1分				DT = 2分			
		U1-U2	t1	t2	t1-t2	U1-U2	t1	t2	t1-t2
0:00	23	9.31	8.04	1.03	OK	9.25	8.02	1.23	OK
1:00	23	8.75	8.20	0.41	/	8.85	8.97	-0.12	OK
2:00	24	9.45	8.04	1.41	OK	9.51	8.01	1.50	OK
3:00	24	8.85	8.26	0.59	/	8.98	8.96	0.02	/
4:00	25	9.57	8.10	1.47	OK	9.68	8.07	1.61	OK
5:00	25	8.95	8.31	0.64	OK	9.09	9.05	0.04	/
6:00	25	8.88	9.05	-0.17	OK	10.08	8.15	1.93	OK
7:00	25	9.63	8.37	1.26	OK	9.15	9.17	-0.02	OK
8:00	26	9.01	9.18	-0.17	OK	10.17	8.17	2.00	OK
9:00	26	9.72	8.45	1.27	OK	8.91	9.20	-0.29	OK
10:00	26	9.11	9.23	-0.12	OK	9.93	7.70	2.23	OK
11:00	26	9.64	8.51	1.33	OK	8.95	8.65	0.30	/
12:00	27	9.19	8.79	0.40	OK	9.87	7.74	2.13	OK
13:00	27	9.11	9.48	-0.37	OK	8.97	8.64	0.33	/
14:00	27	9.34	8.92	0.42	OK	9.55	7.73	1.82	OK
15:00	27	9.21	9.54	-0.33	OK	9.06	9.19	-0.13	OK
16:00	27	9.43	9.00	0.43	OK				
17:00	27	9.26	9.01	0.25	/				
18:00	26	9.53	9.00	0.53	OK				
19:00	26	9.36	9.02	0.34	/				
20:00	26	9.60	9.01	0.59	OK				
21:00	26	9.40	9.04	0.36	/				
22:00	26	9.63	9.02	0.61	OK				
23:00	26	9.43	9.05	0.38	/				
24:00	25	9.69	9.01	0.68	OK				
25:00	25	9.49	9.07	0.42	/				
26:00	24	9.70	8.48	1.22	OK				
27:00	24	9.01	9.18	-0.17	OK				
28:00	24	9.71	8.50	1.21	OK				
29:00	24	9.06	9.19	-0.13	OK				

表1 計算例