IV—3 ルートコントロールにおける交通量配分に関する考察

信州大学工学部 正員 奥谷 巌
信州大学工学部 学生員 ○ 小泉 良彦

1. はじめに

近年，自動車交通の急速な発達によって，もはや交通信号制御だけでは解決し得ない，渋滞，事故公害等の問題が発生してきている。これらの問題を解決するためには，新たな交通管制システムの導入が必要となる。その一つとして，いわゆる経路制御と呼ばれるシステムがあるが，本研究ではそのシステムに対してはいかなる交通配分が有効であるか，ということに対して基礎的な考察を行なう。従来，提案されている配分手法としては，Wardrop の総走行時間最小化配分法，等時間原則配分法等が上げられる。前者はシステム全体としては有利であるが，利用者にとっては不利な点が多い。逆に後者は利用者にとっては有利であるが，必ずしもシステム全体では有利なものとは言えない。経路制御を行なう場合，両者の利点を取り入れて交通配分を行なう必要がある。この点を考慮して，制約条件の中に，"すべてのODの所要時間の最大値が等時間原則配分でのODの所要時間以下でなければならない。"ということを付け加えて数理計画問題として定式化する。しかし，これは等時間原則配分より好しい利用者最適配分が存在する場合に有効な方式である。利用者最適配分が等時間原則配分に一致する，より実際的な場合については，等時間原則配分における所要時間より若干の所要時間の増加を甘受せしめるという制約のもとで，システム全体の最適化を図るという配分方式を考える。

2. 定式化

まず，定式化に必要な記号の定義をしておく。

M；ODの集合　I_i；第iODのルートの集合　K；リンクの集合（$i \in M$，$j \in I_i$，$k \in K$）

x_j^i；第iODの第jルート交通量　x_k；第kリンク交通量　Q^i；第iOD交通量

$f_k(x_k)$；第kリンク走行時間関数　F_o^i；等時間原則配分で求められる第iOD走行時間

Z^i；第iODの最大走行時間　δ_{jk}^i；ルート行列の係数 $= \begin{cases} 1；第i\text{OD}の第jルートがリンクkを通るとき \\ 0；それ以外のとき \end{cases}$

〔1〕等時間原則配分より好しい利用者最適配分が存在する場合

配分手法としては，(A)総走行時間最小化配分法，(B)時間比最小化配分法，(C)等時間比最小化配分法(D)等時間差最大化配分法，を用いる。

(A)総走行時間を最小化する方式

目的関数 $\sum_k x_k \cdot f_k(x_k) \rightarrow min$

制約条件
$$\begin{cases} x_j^i\{F_o^i - \sum_k \delta_{jk}^i \cdot f_k(x_k)\} \geq 0 \\ \sum_j x_j^i = Q^i \\ \sum_i \sum_j \delta_{jk}^i \cdot x_j^i = x_k \\ x_j^i \geq 0 \end{cases}$$

(B)各ODのZ^iとF_o^iとの時間比の加重和を最小化する方式

目的関数 $\sum_i w_i (Z^i / F_o^i) \rightarrow min$

制約条件
$$\begin{cases} x_j^i\{Z^i - \sum_k \delta_{jk}^i \cdot f_k(x_k)\} \geq 0 \\ \sum_j x_j^i = Q^i, \quad x_j^i \geq 0 \\ \sum_i \sum_j \delta_{jk}^i \cdot x_j^i = x_k \\ F_o^i \geq Z^i \end{cases}$$

（ただし，$\sum_i w_i = 1$）

(C)すべてのODのZ^iとF_0^iの比を最小化する方式

目的関数　$\alpha \longrightarrow min$

制約条件
$$\begin{cases} x_j^i\{Z^i - \sum_k \delta_{jk}^i f_k(x_k)\} \geq 0 \\ \sum_j x_j^i = Q^i, \quad x_j^i \geq 0 \\ \sum_i \sum_j \delta_{jk}^i x_j^i = x_k, \quad Z^i/F_0^i = \alpha \end{cases}$$

(D)すべてのODのZ^iとF_0^iの差を最大化する方式

目的関数　$T \longrightarrow max$

制約条件
$$\begin{cases} x_j^i\{Z^i - \sum_k \delta_{jk}^i f_k(x_k)\} \geq 0 \\ \sum_j x_j^i = Q^i, \quad x_j^i \geq 0 \\ \sum_i \sum_j \delta_{jk}^i x_j^i = x_k, \quad F_0^i - Z^i = T \end{cases}$$

〔2〕等時間原則配分が利用者最適配分に一致する場合

この場合，F_0^iに許容増加率β^iを考えて配分する。手法としては，(E)総走行時間最小化問題，(F)最大走行時間の加重和を最小化する方式，である。

(E)　目的関数　$\sum_k x_k \cdot f_k(x_k) \longrightarrow min$

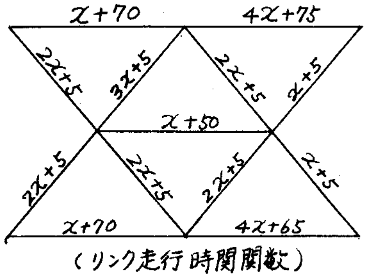
制約条件
$$\begin{cases} x_j^i\{Z^i - \sum_k \delta_{jk}^i f_k(x_k)\} \geq 0 \\ \sum_j x_j^i = Q^i, \quad x_j^i \geq 0 \\ \sum_i \sum_j \delta_{jk}^i x_j^i = x_k, \quad Z^i \leqq (1+\beta^i) F_0^i \end{cases}$$

(F)　目的関数　$\sum_i w_i \cdot Z^i \longrightarrow min$

制約条件
$$\begin{cases} x_j^i\{Z^i - \sum_k \delta_{jk}^i f_k(x_k)\} \geq 0 \\ \sum_j x_j^i = Q^i, \quad x_j^i \geq 0 \\ \sum_i \sum_j \delta_{jk}^i x_j^i = x_k, \quad Z^i \leqq (1+\beta^i) F_0^i \end{cases}$$

3．計算例

〔1〕についての配分は図－1のネットワークを用いて行ない，配分結果を表－1に示す。最適化の手法としては，いわゆる切除平面法を採用しているが，制約領域での凸性が言えないので本表に掲げた解が大域的最適解を与える保証はない。しかし，この解を近似的最適解と考えるとすれば，次のようなことを言うことができる。すなわち，(A)～(D)4方式ともに等時間原則配分で少ない配分交通量を与えている経路の交通量が0になっていること，言うまでもないことであるが(A)の方式での総走行時間は4方式の中で最も小さくなっており等時間原則配分の場合のそれに比して約3.1％の減少率となっていること，(B)～(D)の3方式の配分パターンはそれぞれ相互に類似しており，かつ(A)の方式とは異なっていること，などが言える。



（リンク走行時間関数）

－図－1

4．むすび

〔2〕の方式の計算例については当日発表する予定である。なお，今後の課題としては大規模なネットワークに対しても有効なアルゴリズムの開発が上げられる。

5．参考文献

表－1

OD	1					2					総走行時間	備考
ルート交通量 / 〃走行時間	x_1^1 / F_1^1	x_2^1 / F_2^1	x_3^1 / F_3^1	x_4^1 / F_4^1	x_5^1 / F_5^1	x_1^2 / F_1^2	x_2^2 / F_2^2	x_3^2 / F_3^2	x_4^2 / F_4^2	x_5^2 / F_5^2		
等時間	10	2	10	3	5	5	3	20	2	20	14400	
	155	155	155	155	155	195	195	195	195	195		
(A)	13.972	0	9.110	0	6.918	8.065	0	18.207	0	23.728	13948.050	
	155.0	137.653	143.078	137.304	146.562	193.0	175.369	180.795	175.021	194.619		
(B)	12.323	0	11.017	0	6.660	7.077	0	20.600	0	22.323	14003.966	$Z^1 = 150.311$
	150.311	134.571	150.311	136.659	150.311	189.893	174.154	189.893	176.242	189.893		$Z^2 = 189.893$
(C)	12.550	0	10.628	0	6.822	7.040	0	20.695	0	22.265	13997.365	$\alpha = 0.973$
	150.830	134.299	149.400	136.250	150.830	189.753	174.652	189.753	176.603	189.753		
(D)	12.289	0	11.076	0	6.635	7.166	0	20.368	0	22.466	14000.492	$T = 4.768$
	150.232	134.864	150.232	136.989	150.232	190.232	173.978	189.346	176.104	190.232		