Ⅳ－14

総走行時間最小化規準によるタイムシェアリング交通制御方式

信州大学工学部　正員　奥谷 巖
〃　学生員　○本山 廣頼

1．まえがき

本研究では、時間帯別にODペアを限定整理して流すというタイムシェアリング交通制御方式について述べる。本稿では特に0-1線型計画を用いて対象街路網内に発生する総走行所要時間を最小にする方法についての考察を試みた。なお、具体的な実行という点では少々問題があるかもしれないが、ODペア別に制御が可能であるという仮定の下に以下の考察を進めていくことにする。

2．タイムシェアリング交通制御方式

本方式は、ⅰ)時間帯を適当に区切り、何段階かに渡って各々のODペアを発生させる。ⅱ)規定されたOD交通を道路網に流す場合、交差点において交通流が交差しないようにODペアを発生させる。の2項目に要約される。以上のように何段階かに分けて交通を発生させるわけだが、今この1つの段階をフェーズとよぶことにすると、1つのフェーズでの継続時間は、そのフェーズで発生を認めるOD交通が各発生地点から自由に発生できる時間（交通発生許容時間）とそれが打切られてから発生した交通がすべて吸収地点に到達するまでの時間（クリアランス時間）とから構成されている。ここでは、1～Jフェーズまで行なうものとすると1～Jフェーズまでの継続時間の和をトリップ完了時間とよび、これを1つの単位として以後周期的に繰り返すのが本制御方式である。

3．0-1線型計画による実行法

あたえられた目的関数、制約条件から対象街路網内に発生する総走行所要時間を最小にするように各フェーズでの発生ODペア数を決定することが0-1線型計画の目的である。ここで具体的な交通の流し方を述べておく。まず、対象街路網はすべて一方通行とする。次に、目的地までの右左折回数は一回以下とし、しかも右折のみ可能とする。以上の二点を前提として以下の理論を進めていく。

ⅰ）目的関数の設定

まず、変数をODペアとし、これが発生した場合を1、しない場合を0とする0-1変数を採用する。本制御方式では、いちどにすべてのODペアの発生が可能になることは絶対にないので、何段階かに渡ってODペアの発生を考えていくわけである。ここでは、第j段階の第n番目のODペアの発生を示す0-1変数としてX_n^jを考えることにする。当然、$\sum_{j=1}^{J} X_n^j = 1$　という制約条件式が加わることは明らかである。次に、i番目のODに対するルートを表わす記号としてルートマトリックス$\mathbb{R}_i$を定義すると、$\mathbb{R}_i$は大きさ$[m_i \times \ell]$（要素は0 or 1、ℓ：全リンク数，m_i：i番目のODの全ルート数）の行列となり、i番目のODの1からm_i番目までのルートに対する配分率ベクトル$\mathbb{P}_i$をこれに乗じたものを要素とする行列　$\mathbb{R} = [\mathbb{R}_1\mathbb{P}_1 \cdots \mathbb{R}_N\mathbb{P}_N]^T$を以下に表わすルートマトリックスとする。ここで、第j段階のリンク通過台数を$\mathbb{L}^j$とすると、　$\mathbb{L}^j = \mathbb{A}\mathbb{X}^j\mathbb{R}$　(1)　（$\mathbb{A}$　発生希望台数ベクトル，$\mathbb{X}^j$：0-1変数の対角行列，$\mathbb{R}$・全ODペアに対するルートマトリックス）と表わされる。また、交通量Q（台／時間／車線）と速度V（km／時間）との関係式として、　$V = 60 - 0.008Q$　(2)　が与えられ

ている。第iリンクの長さをL_iとすると、一台の車が第iリンクを通過するのに要する時間tは(2)式より、　$t = L_i / (60 - 0.008Q) \fallingdotseq (L_i / 60)\{1 + (0.008Q / 60)\} = \beta_i + \alpha_i Q$　(3)　($\beta_i = L_i / 60$, $\alpha_i = 0.008L_i / 3600$)と表わされる。以上より、第j段階の第iリンクに発生する総走行時間T_i^jは、(1)、(3)式より　$T_i^j = \{\alpha_i (L_i^j / \tau^j / S_i) + \beta_i\} L_i^j$　(4)　(τ^j 第j段階での自由発生許容時間, S_i 第iリンクの車線数)と表わせる。したがって、制御対象街路網内に発生する総走行所要時間は、　$\sum_j \sum_i T_i^j = \sum_j \sum_i \{(\alpha_i / \tau_j / S_i)(L_i^j)^2 + \beta_i L_i^j\}$　(5)　と表わせる。ここで、X_m^jにおいて、$\sum_{j=1}^{J} X_m^j = 1$　という式から(5)式の第二項目は定数となり、また各段階での自由発生許容時間はすべて等しい、すなわち、$\tau^j = \tau_0$　とすると目的関数とする総走行所要時間Fは、　$F = \sum_j \sum_i b_i (L_i^j)^2$　(6)
($b_i = \alpha_i / S_i$)で表わすことができる。

ii) 制約条件の設定

a) 交差しないための条件　　仕意の交差するルートを持つ2つのODペアをm1, n1番目とすると、ある段階jにおいては、2つのODペアは発生できないので、制約条件式は　$X_{m1}^j + X_{n1}^j \leqq 1$
で表わされる。

b) 逆方向の車どうしによる発生はしないための条件　　一方通行のため、ある段階jにおいて同一リンク上を方向が逆である二つのODペア(それぞれm2, n2番目とする)は、発生できないからその条件式としては、　$X_{m2}^j + X_{n2}^j \leqq 1$　で表わされる。

c) ODペアの発生は、全段階を通して一度だけであるための条件　　一つのODペアに対して一つの変数を与えたので　$\sum_{j=1}^{J} X_m^j \leqq 1$　(1≦m≦N, N:全ODペア数)なる条件式が必要。

4. 計算例

本稿では、図-1のような街路網について計算してみることにした。図において各ノードに丸で囲んで記した数値は交差点番号を、各リンク中央に付した数値は街路区間長(km)を、カッコでくくった数値はその路線の車線数をそれぞれ表わすことにする。

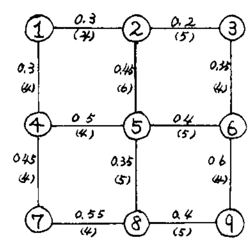

図-1　街路網図

上述した理論では、0-1変数や制約条件が非常に多くなり解法が困難となるのであらかじめ各フェーズ(フェーズ数は、1～4フェーズとして計算することにする)においていくつかのODペアを発生させ、0-1変数を減らして解くことにした。また、データとしては、図-1からリンクの長さ、車線数を与え、0-1変数としては表-1のOD表の上段左から順に$X_1^1, X_2^1, \cdots, X_{72}^j$とする。また、各ODペアのルートは各々一本決まることになり、ルートマトリックスRの大きさは[72×12]となる。発生希望台数Aは、表-1で与えられその大きさは[1×72]となる。

表-1　OD交通量(台/時)

O＼D	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	＼	360	360	120	360	360	450	250	250
2	110	＼	290	110	360	290	100	400	320
3	110	360	＼	110	290	370	100	320	50
4	120	360	360	＼	360	360	280	250	250
5	110	290	290	110	＼	290	100	320	320
6	110	290	230	110	350	＼	100	320	320
7	550	180	180	350	180	180	＼	450	450
8	80	390	260	60	80	260	350	＼	450
9	80	300	260	60	100	260	350	300	＼

5. むすび

まだ結果がでていないが、本方式は総走行所要時間を最小にするように0-1変数を決定するという点において期待できる方法であると思われるが、0-1変数や制約条件が非常にあり真の最適解が得られないのが現状である。この点をいかに克服するかが今後の課題であろう。

なお、計算結果は発表当日報告いたしますので御了承下さい。