IV—6　交通ネットワークにおける信号制御の最適化手法に関する基礎的研究

岐阜大学　正会員　加藤　晃
岐阜大学　正会員　宮城　俊彦
岐阜大学　学生員　○　小川　達武

1. はじめに

信号化された街路ネットワークの交通制御変数は、各交差点間のサイクル・スプリットと信号間のオフセットである。しかし、従来の複数交差点の信号制御の方法は、ほとんどが上述の3変数を決定するための最適化手法に重きを置いているのみで、交通流を解析する上で欠くことのできない交通フローの正確なモデル化は依然としてなおざりにされている。したがって、多少なりとも実際の交通流により近いモデルにモデル化するためにLittleらによるＭＩＴＲＯＰモデルを利用して、3変数中の基本的な2変数（オフセット・スプリット）を変数とする最適化問題を街路ネットワークに適用するものである。

2. モデルの定式化

用いられる目的関数は、ネットワークにおける全非効用Ｄを最小化し、そして交通フローを近似的にモデル化するために、ここでは、交通フローの平均量に関連する決定論的要因（ＤＥＳ）とその平均量の任意変化に関連する確率論的要因（ＳＥＳ）の２つの成分に分離する。故に目的関数（Ｄ）は

$$D=\sum_{(i,j)}[(DES)_{ij}+(SES)_{ij}]$$ となる。

ここで $(DES)_{ij}=f_{ij}w_{ij}(\phi_{ij},r_{ij},C^*)$　　r:赤現示　　φ：オフセット

f_{ij} ＝リンク（i,j）の平均フロー、　C^*:サイクル（ここでは一定値）

w_{ij} ＝ノードjで信号を通過するためリンク（i,j）の車一台当りの平均損失.（遅れ・停止等）　w_{ij}はすべての信号制御変数の関数.

$(SES)_{ij}=Q_{ij}(r_{ij},C^*)$

Q_{ij} ＝リンク（i,j）の信号停止線での平均オーバーフロー行列．すなわち任意変化のため、車群が到着したサイクル内で交差点を一掃出来ない車の平均台数。従ってQ_{ij}はスプリットとサイクル*（ここでは固定する）の関数であってオフセットの関数ではない。

この目的関数Ｄを用いて最適化モデルは以下のように定式化される。

Find ϕ_{ij}, r_{ij} to

$$\min\sum_{(i,j)}[f_{ij}w_{ij}(\phi_{ij},r_{ij},C^*)+Q_{ij}(r_{ij},C^*)]$$

subject to $\sum_{(i,j)}\phi_{(ij)} = n_\ell C^*$　　（各ループℓに対して；n_ℓは整数）

$$\left.\begin{array}{l} r_{ij}+g_{ij}=C^* \\ g_{ij}s_{ij} \geqq f_{ij}C^* \\ r_{ij} \geqq (r_{ij})_{min} \end{array}\right\}$$ （各リンク(i,j)に対して）　s：飽和フロー(率)　g：青(緑)現示

3. 目的関数

(a) DES関数

赤現示の間に到着する車は停止し行列を形成し、解き放される青現示の始めまで待つ。インターバル dt 間に行列する車 $Q(t)$ によって受ける遅れは $Q(t)\,dt$ である。故に全サイクル間に交通が受ける総遅れ時間 W は行列長曲線の積分によって計算される。すなわち $W(\xi, r)=\int_{-r}^{g} Q(t)\,dt$。この領域の大きさは、信号での車の車群の前縁に対する到着時間 ξ やオフセット ϕ と同様スプリット r にも依存する。1台当りの平均遅れはサイクル間に到着する全車 A によって割ることにより得られる。すなわち $w(\xi, r)=W(\xi, r)/A$。ここでは、単純な矩形車群によって交通フローが表わされると仮定し、また車群がく散影響はリンク長の関数であると考えた。従って w を ξ の関数として用いた線形近似式の結果のみ示す。

(i) $\lambda < \frac{r}{1-\rho}$ のとき (λ;車群長, $\rho : f/s$)

$[-r, (\rho-1)\lambda]$ $w(\xi)=-\xi-\frac{(1-\rho)}{2}\lambda$.

$[(\rho-1)\lambda, 0]$ $w(\xi)=-0.5\xi$.

$[0, g]$ $w(\xi)=\frac{2r-(1-\rho)\lambda}{2g}\xi$.

(ii) $\frac{r}{1-\rho} < \lambda$ のとき

$[-r, 0]$ $w(\xi)=\frac{-r}{2\lambda(1-\rho)}\xi$

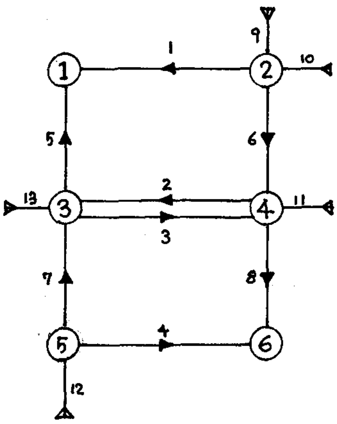
$[0, g]$ $w(\xi)=\frac{r^2}{2\lambda(1-\rho)g}\xi$

(b) SES関数

実際の交通流は運転速度や右左折等の変化により、サイクル内で到着する車の時間的分布の平均値付近に変動が起こる。これらのランダムな変化は交通流を大きく下落するような時間的オーバーフロー行列を導くし、その上、飽和の低い程度では無視され得るが、高い値でのその卓越性が確立されているのでWormleighton によって得られた結果を混合整数線形計画法で計算するため線形近似した。

4. 適用例

ノード6・リンク13(input link 5を含む)のネットワーク(図−1)に適用し、結果を得た。尚対象ネットワークのスプリットは、(i)実用的な簡易手法を用いてあらかじめ決めた場合(表−1)・(ii)オフセット同様にスプリットも変数に入れた場合の両方を行ない比較参照した。この適用例では、サイクルにすべて60秒の数値を用いて実行した。(i)の目的関数の値は11.826台.秒/秒という結果を示した。



図−1、適用ネットワーク

表−1、変数オフセットのみの結果

LinkNO	offset(cycle)	redsprit (cycle)	W (sec)	LinkNO	offset(cycle)	redsprit (cycle)	W (sec)
1	0.351	0.65	0	8	0.260	0.54	0
2	0.433	0.56	0.56	9		0.34	5.34
3	0.567	0.57	7.24	10		0.66	15.98
4	0.326	0.46	0	11		0.57	11.92
5	0.508	0.35	2.70	12		0.56	14.10
6	0.473	0.43	0	13		0.56	12.78
7	0.498	0.44	8.22				

5. むすび

計算手法としては比較的簡単であるが、目的関数が非線形となるので、近似するのにDES関数ではリンク当り2〜3・SES関数でも2の制約式を必要とするので、リンク数が増すにしたがって、かなり多くの制約式が必要となってくる。故に、より正確に近似するなら非常に多くの制約式が生じるという問題が残る。その上、スプリットも変数に考慮すると、正確な近似は非常に困難となる。しかし、単純ではあるものの重要な要因である交通流を考慮できる利点は非常に有効なものである。