街路網信号周期とスプリットの一決定手法

信州大学工学部　正員　奥谷巖
〃　学生員○霜田宜久

1．まえがき　現在までの街路網を対象とした信号機の周期およびスプリットの決定方法は、対象街路網の中で最も交通需要が多く混雑が予想される交差点に着目し，まずその交差点単独で、ウェブスターの式を基本にして周期決定を行ない，その他の交差点については、オフセットを設定するという観点から、一様にその交差点の周期にあわせるという方法をとってきた。またスプリットについては、各交差点ごとに流入路別の交通量比として簡単に与えていたというのが一般的であろう．しかしながら、そのため交差点によってはその交差点での交通量以上の車が集中し、交通まひを起こすということが起こっている。それを避けるためには、内部での交通まひが起こらないように、全体的視野での周期やスプリットの決定が必要と思われる。したがって本稿においては、対象街路網内部での渋滞を起こさないという条件のもとで，可能なかぎり多くの交通量を処理するという観点から、網としての周期およびスプリットの決定方法について基礎的な考察を試みた。

2．決定方法　対象街路網内で交通まひが起こらないようにするには，まず内部の交差点において1周期内に到着した車を、青時間の間にすべて捌ききるという必要があるが、そのことを式で書くと

$$ {}_1q^h_{i+1,j}\cdot{}^{l}_{1}p^h_{i+1,j}\cdot G_{i+1,j} + {}_2q^h_{i+1,j}\cdot{}^{r}_{2}p^h_{i+1,j}\cdot G_{i+1,j} + {}_2q^v_{i+1,j}\cdot{}^{s}_{2}p^v_{i+1,j}\cdot R_{i+1,j} + T\,{}_2C^v_{ij} \leqq {}_2q^v_{ij}\cdot R_{ij} \qquad (1) $$

となる。そして周期Tは

$$ T = G_{ij} + R_{ij} + L \qquad (2) $$

ここにおいて

${}_1q^h_{ij}$：図－1の(i,j)交差点における水平右方向の交通容量（${}_2q^h_{ij}$は水平左方向の交通容量）

${}_1q^v_{ij}$：図－1の(i,j)交差点における垂直下方向の交通容量（${}_2q^v_{ij}$は垂直上方向の交通容量）

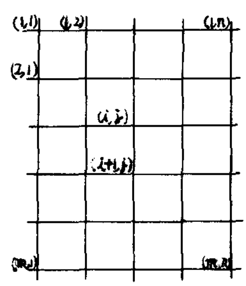
${}^{l}_{1}p^h_{ij}$：図－1の(i,j)交差点における水平右方向の交通の左折率（${}^{r}_{1}p^h_{ij}$は同方向の右折率）

${}^{s}_{1}p^v_{ij}$：図－1の(i,j)交差点における垂直下方向の交通の直進率（${}^{s}_{2}p^v_{ij}$は垂直上方向の交通の直進率）

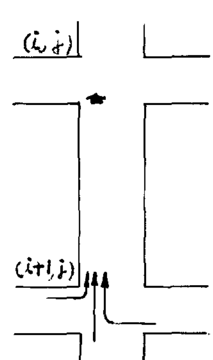
G_{ij}：図－1の(i,j)交差点における水平方向の一周期での青時間（R_{ij}は垂直方向の一周期での青時間）

${}_1C^v_{ij}$：図－1の交差点(i,j)と$(i+1,j)$との間の垂直下方向交通の単位時間発生吸収交通量（${}_2C^v_{ij}$は同区間反対方向のそれ．発生を正とする）

L：1周期内での黄色時間や発進遅れなどの実際使われていない時間



図－1 対象街路網



図－2

(1)，(2)の条件式と当然の条件として

$$G_{ij} \geqq 0 \tag{3}$$

$$R_{ij} \geqq 0 \tag{4}$$

という制約条件のもとで，目的関数

$$F=\sum_{k=1}^{2}\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\left[\left\{\left(T_k Q_{i,j}-G_{i,j}\,{}_k g_{i,j}^h\right)\frac{1}{T}\right\}^2+\left\{\left(T_k Q_{i,j}^v-R_{i,j}\,{}_k g_{i,j}^v\right)\frac{1}{T}\right\}^2\right] \tag{5}$$

を最小にすることを考える。ここにQ_{ij}は対象街網のもっとも外側の交差点，つまり街路網の外部から内部へ入るときの交差点についてはそこでの交通量の測定値を，他の内部の交差点については、TQ_{ij}に(1)式の左辺を代入する。この目的関数の意味としては、周辺部においては単位時間に渋滞する車の台数の2乗と、車が捌けてしまった場合空いている青時間に通過できる車の台数を1周期の時間で割ったものを2乗したものとの和であり、内部においては後者だけの和である。そして両者の和を最小にするということである。簡単にいえば、渋滞する車や無駄な青時間の総和をできるだけ少なくするということである。2乗したのは、2乗しない場合(5)式は渋滞の台数と空いている青時間の間に通れる台数との符号が正と負となり、それらを加えるとお互い打ち消しあって実際の台数より少なくなり不都合であるからである。また2乗したことによりある個所でのひずみが他に分散されるというプラスの面もある。この目的関数は非線形であるが、制約条件が線形であり、Tを定数として与えると目的関数Fは凸関数となるためつぎのような方法でFの最小値は求まる。まず(1)(2)(3)(4)の制約条件式のもとで、

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\frac{\partial F}{\partial G_{i,j}}\left(G_{i,j}^k\right)G_{i,j}+\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\frac{\partial F}{\partial R_{i,j}}\left(R_{i,j}^k\right)R_{i,j} \tag{6}$$

の最小値を求める。これはリニアプログラミングの問題であり，シンプレックス法で解ける。この解を${}_G\xi_{i,j}^k$とし、$G_{i,j}^k$と${}_G\xi_{i,j}^k$ないし$R_{i,j}^k$と${}_R\xi_{i,j}^k$との間の値で目的関数Fが最小になる値を求める。

$$\min_{0\leqq\theta\leqq1} F\{(1-\theta)G_{1,1}^k+\theta_G\xi_{1,1}^k,\cdots,(1-\theta)G_{m,n}^k+\theta_G\xi_{m,n}^k,(1-\theta)R_{1,1}^k+\theta_R\xi_{1,1}^k,\cdots,(1-\theta)R_{m,n}^k+\theta_R\xi_{m,n}^k\}$$

なる$\theta=\theta_k$を求めるわけである。そしてGとRの値を$G^{k+1}=\{(1-\theta)G_{1,1}^k+\theta_k\,{}_G\xi_{1,1}^k,\cdots,(1-\theta)G_{m,n}^k+\theta_k\,{}_G\xi_{m,n}^k\}$
$R^{k+1}=\{(1-\theta_k)R_{1,1}^k+\theta_k\,{}_R\xi_{1,1}^k,\cdots,(1-\theta_k)R_{m,n}^k+\theta_k\,{}_R\xi_{m,n}^k\}$と定める。制約条件式(1)(2)(3)(4)を満足する任意の値G^0，R^0から出発して，上の方法でG^1，R^1……G^k，R^k……を作れば，$F(G^k,R^k)$はkとともに単調に減少し求める目的関数の最小値に収束する。以上の計算をTの値を変えてやり、その中でFを最小にするようなTを最適周期とし、その時のGとRを最適青時間赤時間とする。こういった方法を実際の街路網に適用する場合，まず幹線街路について上の式を適用し，補助線街路その他の街路については、上の結果を考慮して，対象街路網を幹線街路で囲まれた部分に考え直して，上の式を適用するとよい。こうすることによって幹線街路と補助線街路の周期は，それぞれの街路の性格にあったものとなるものと思われる。

3．むすび　ここで述べられた理論によれば，対象街路網内では渋滞は起こらないはずであるが，街路の発生交通量が、そこの信号機の交通容量を越える場合は渋滞は避けられず，これは最適な信号機の周期やスプリット決定以前の問題であり、現実の朝夕の交通まひはこれによるところが多いものと思われる。今後はこうした問題についても検討を加えてゆきたい。