Ⅳ-162　多差路単独交差点における信号機の周期およびスプリットの決定法

信州大学工学部　正員　奥谷　巌
信州大学工学部　学生員○三井達郎

1. まえがき

単独交差点において、信号機による交通制御の制御対象となる要素には信号周期・スプリットが挙げられるが特に多差路交差点においては現示パターンを決定することも重要な要素となっている。そして現示パターンおよび周期・スプリットの決定法に関してはすでにいくつかの研究例があり定式化もなされているが実際の計算は複雑である。以上のことを考慮してここでは線形計画法を主な計算手段としかつ現示パターンを含めた意味において最適な信号機の周期とスプリットの決定法について述べる。

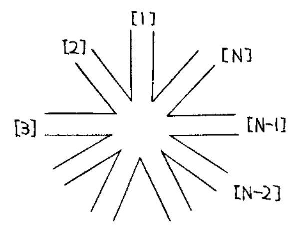

図-1　対象交差点

2. 最適化問題としての定式化

図-1 に示すN差路交差点を考える。最初に次のように記号を定義する。

M：現示パターンと成り得るあらゆる交通パターンの総数（右左折等の専用信号を設置しない場合, $M=\sum_{i=1}^{N-1} {}_N C_i$　3差路の場合を図-2に示す。）

C_j^i：第i現示パターンにおける流入部[j]の交通容量（ただし第i現示パターンにおいて流入部[k]が通行を許されていない場合, $C_k^i=0$とする。）

G^i：第i現示パターンの継続時間.

Q_j：流入部[j]の単位時間当りの交通需要量.

L^i：第i現示から第(i+1)現示へ移る際のロス時間（通常$L^i=L^{i+1}$とする。）

T：信号周期

現示パターンが決まっていないので、まずM現示制御として式をたてる。むだな青信号を出さないことを前提とすれば、1周期当りの各流入部における交通捌け量と交通需要量との関係から次の不等式が成立する.

$$\sum_{i=1}^{M} C_j^i \cdot G^i \leqq Q_j \cdot T \quad (j=1,2\cdots N) \qquad (1)$$

現示継続時間の総和が周期から総ロス時間を引いたものを上回らないという関係から

$$\sum_{i=1}^{M} G^i \leqq T-\sum_{i=1}^{M} L^i \qquad (2)$$

(1),(2)の制約条件のもとで、単位時間に捌き得る交通量を最大にするような周期・スプリットをもって最適周期・スプリットとするものとすれば次のような目的関数が設定される。

$$F=\left(\sum_{j=1}^{N}\sum_{i=1}^{M} C_j^i\cdot G^i\right)/T \rightarrow max \qquad (3)$$

以上の問題は非線形計画に属するものであるがTを定数と考えれば線形となり容易に解くことができる。よって順次Tを与えその都度Fを計算し, T-F曲線から最適周期・スプリットを求めることにする。さて任意のTに対して上の問題を解いた結果 $G^1\sim G^M$ がすべて正の値となれば問題はないが一般にこのようなことは期待できない。値が0となるような解Gの総数をmとすればこれは(2)式においてM現示制御の場合のロス時間を用いているのにもかかわらずこのTに対しては(M−m)現示が最適であるということを意味している。したがって得られた値は最適スプリットとはいえない。このような不都合を除去するためには、制約条件式(2)を次のように書き替える必要があ

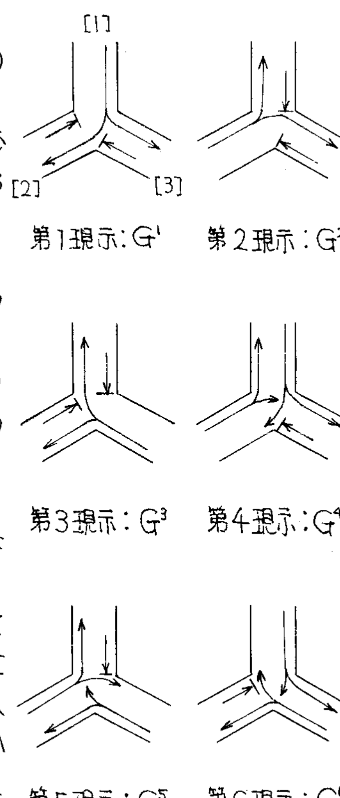

図-2. 3差路の場合の現示パターン

3．すなわち

$$\sum_{i=1}^{M} G_i \leqq T - \sum_{i=1}^{M} \alpha^i L^i$$

ただし $\begin{cases} G^i > 0 \text{のとき} \alpha^i = 1 \\ G^i = 0 \text{のとき} \alpha^i = 0 \end{cases}$ (2')

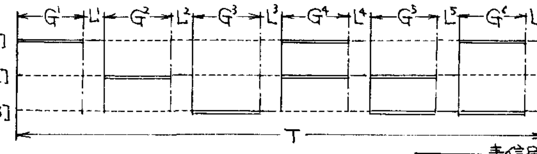

図-3. 3差路の場合の各現示間の関係

ところでG^iの値は制約条件(1),(2')および目的関数(3)が与えられてはじめて得られるものであり一方α^iの値がわからなければ制約条件(2')が成立しない。したがって(2')のような条件がある限りこの問題を通常の線形計画法を用いて解くことは困難である。ここでは分岐限定法の考え方を応用してシンプレックス演算を反復して行うことによってこの問題を解くことにする。

3、解法

まず、ある線形計画問題の最適解に対応する目的関数の値はこの問題にあらゆる制約条件を追加して得られるすべての問題に対する1つの上界となっていること，および前の問題に関してα^iを大きくすることは実行可能領域を狭ばめることになることに注意して以下に示す手順に従って計算を行う。

[1] Tを与えて問題を線形化する。

[2] $\alpha^i=0$ $(i=1.2 \cdots M)$としてこの線形計画問題を解く。この解に対応する目的関数の値はこの問題の上界である。(これよりさらに制約条件を追加して得られる値はこの値を上回ることはない。)この問題および解を図-4 において節点①に対応させる。

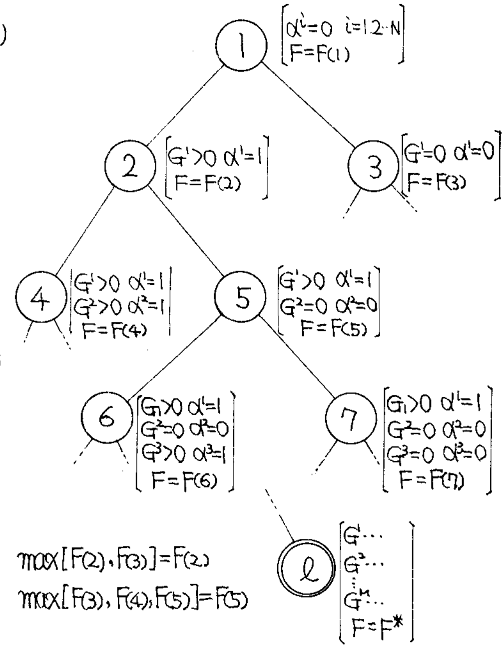

図-4

[3] 節点①に制約条件$G^1>0$を追加し$\alpha^1=1$としてこの問題を解く。(実際の計算では$G^1>0$は$G \geqq \varepsilon$，$\varepsilon>0$で$\varepsilon \fallingdotseq 0$とする)得られた解を節点②に対応させる。

[4] 節点①に制約条件$G^1=0$(この場合$\alpha^1=0$)を追加してこの問題を解き、解を節点③に対応させる。

[5] max(F(2),F(3))に対応する節点に制約条件$G^2>0$,($\alpha^2=1$)と$G^2=0$,($\alpha^2=0$)を追加してそれぞれについて解を求め節点④,⑤に対応させる。(図-4は F(2)>F(3)の場合)。この操作を一般化すれば次のように表わすことができる。分枝を持たない節点の中でFの値が最大である節点にさらに2つの制約条件を追加して解を求めそれぞれこの節点から分岐した新しい2つの節点に対応させる。この場合もとの節点で追加された制約条件をG^iについてのもの($G^i>0$，$\alpha^i=1$あるいは$G^i=0$，$\alpha^i=0$)とすれば新しく追加される制約条件はG^{i+1}についてのものであるとする。以下同様な計算を繰り返す。

[6] ある節点ℓが分枝をもたないすべての節点におけるFの値の最大値をとりかつG^1〜G^Mのすべてについての制約条件を含んでいるとき、この節点ℓにおける解を与えられたTにおける最適スプリットとし、目的関数値F^*を単位時間当りの最大交通捌け量とする。

[7] Tの値を順次変えて同様な計算を行い$T-F^*$曲線を求めこれより最適周期・スプリットを決定する。

4. 数値計算例　具体的計算例は当日発表する予定である。

5、むすび、

ここで述べた方法によると、従来の方法に比べ比較的容易に現示パターン・周期・スプリットが決定できる。

[参考文献] 奥谷，鶴田：信号機群の共通周期とスプリットの決定法，交通工学，Vol.10 No.2. 1975-2