

京都大学 正員 米谷 繁二

○奥谷 巖

1. まえがき 路線系統制御で交通を流体とみなし、スルーバンド最大なる規準で制御政策を決めることは実際的にはほとんど意味を有さないことから、車を1台/台離散的に取扱って、種々の制御政策パターンについて逐一シミュレーションを行ない、その中で最も好ましいと思われる制御政策を実施した結果、非常に円滑な交通処理ができたという例がある(立石電気中央研究所)。しかしながら、ここで問題となるのはいくつかの制御政策について逐一シミュレートしている中で、交差失数が比較的少ない路線の系統制御ならばそれが可能であっても、縦横に相互に関連し合う面制御の場合には、そのような手段は極めて非能率な方法であるといわなければならない。したがって、何らかの方法でこの非能率を防ぎ、できるだけ少ない労力で最適制御政策を探することはできないだろうかという問題がつきでてくるわけである。われわれはこの問題について、いままでにDPによる方法¹⁾あるいは最大原理による方法^{2),3)}を発表してきた。しかし、これらの方法には共通の基本的仮定があった。すなわち交差失には含まれた一街路区間で発生する交通損失はその両端交差失における制御政策のみに従属して決まるという仮定である。今回はこのような仮定に拘束されないより一般的で最適制御政策を探索する方法について考えてみたのでそれについて発表する。

2. 交通損失 複数の制御政策の中から一つの最適制御政策を選択する場合には、必ず判定規準⁴⁾があって、その値の最小化あるいは最大化ということで望ましいと考えられる政策が選ばれている。そして多くの場合、その規準としては交通の被むる損失(交通損失)がとられるわけであるが、一言で交通損失といっても実際には多くのものが考えられ、たとえば車の停止回数、待ち時間、通過所要時間などが挙げられる。この中で客観的にみて最も適切と考えられるものは通過所要時間であろう。なぜならば車の本来の目的はその目的地により早く到達することであるからであり、したがって、たとえば待ち時間が少くなくとも結果的に早く通過できればよいからである。しかしながら、いかなる損失を被むることを忌避したいと考えるかは運転者個々人によって異なるために、たとえば所要時間が若干少くなくとも停止回数あるいは待ち時間が少ない方を好ましいと感ずる運転者も考えられ、このような人間の心理的側面にまで及ぶと一概に最初から交通損失を規定して決めるわけにもいかない。したがって、ここでは交通損失を包括的に“損失”という言葉で代表しておく。

3. 相対オフセットと実現可能条件

面制御方式とは各交差失信号の相互関連を考慮した周期、スプリットおよびオフセットの現示方法を意味するが、このうちオフセットの決定が最も興味ある問題である。したがって、ここでは街路網のオフセットパターンを総損失最小の規準から決定することと焦点を絞って考えてみる。ところでオフセットとはある交差失の青信号開始時刻の基準時からのずれを意味するが、これに対して相対オフセットという概念がある。これは交差失相互間におけるオフセットの相対的な値であって、たとえば個々のオフセット値が異なっても相対的オフセットは同一である場合も生ずるわけである

。ただし相対オフセットの場合には単一のオフセットの場合とは異なり、実現可能条件を考慮しなければならない。すなわち街路網において一つのループを構成する交差点の相対オフセットはその測り方を規定すればそのループに沿って一周した総和は必ず0になる必要がある。その場合、街路網が大きいとループの形、大小の形状となりその数はかなり多くなるが、実際にはあらゆるループについて実現可能条件を考慮する必要はない。なぜならばすべてのループに対応する条件は必ずしも相互に独立ではないからである。実現可能条件が独立となるループは基底ループ (fundamental loop) のみであってそれ以外の基底でないループについては考えなくてよい。たとえば図のような街路網において

$\theta^{m,n}$: 交差点 (m,n) におけるオフセットを基準とした場合の交差点 $(m,n+1)$

の相対オフセット

$\theta^{m,n}$: 交差点 (m,n) におけるオフセットを基準とした場合の交差点 $(m+1,n)$

の相対オフセット

のように定義すると矢印で示した基底ループの実現可能条件は

$$\theta^{m,n} + \theta^{m+1,n} - \theta^{m,n+1} - \theta^{m+1,n+1} = 0 \quad (m=1,2,\dots,M-1; n=1,2,\dots,N-1) \quad (1)$$

4. 交通損失の関数表示 交通の損失を相対オフセットを変数とした関数で表わすと解析が容易となる。いまこの関数形式シミュレーションあるいは観測等によって求められているとして、つぎのように与える。

$\theta_1^{m,n}(\theta, \theta_1, \theta_2)$: 交差点 (m,n) から交差点 $(m,n+1)$ へ向かう交通 $\theta_1^{m,n}$ が当該2交差点間の街路区間で被むる損失。 $\theta_1^{m,n}$ はその損失に影響をうける $\theta^{m,n}$ を除いたすべての相対オフセットから成るベクトル

$\theta_2^{m,n}(\theta, \theta_1, \theta_2)$: 交差点 (m,n) から交差点 $(m+1,n)$ へ向かう交通 $\theta_2^{m,n}$ が当該2交差点間の街路区間で被むる損失。 $\theta_2^{m,n}$ はその損失に影響をうける $\theta^{m,n}$ を除いたすべての相対オフセットから成るベクトル。

なお、 $\theta_1^{m,n}(\theta, \theta_1, \theta_2)$, $\theta_2^{m,n}(\theta, \theta_1, \theta_2)$ はそれぞれ $\theta_1^{m,n}$, $\theta_2^{m,n}$ の対向交通 $\theta_1^{m,n}$, $\theta_2^{m,n}$ が被むる損失

5. 目的関数とその最小化 ここでいう最適前制御方式とは街路網全体で発生する総損失を最小にするものであるから、目的関数はまず次式の F によって表わされる。

$$F = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M \{ \theta_1^{m,n}(\theta, \theta_1, \theta_2) + \theta_2^{m,n}(\theta, \theta_1, \theta_2) \} + \{ \theta_1^{m,n}(\theta, \theta_1, \theta_2) + \theta_2^{m,n}(\theta, \theta_1, \theta_2) \} \quad (2)$$

したがって、問題は式(1)のような $(M-1)(N-1)$ 個の条件式のもとで、式(2)の目的関数 F を最小にすることである。これは損失関数が連続であればラグランジュの未定乗数法によって解かれる。すなわち

$$F = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M \{ \theta_1^{m,n}(\theta, \theta_1, \theta_2) + \theta_2^{m,n}(\theta, \theta_1, \theta_2) \} + \{ \theta_1^{m,n}(\theta, \theta_1, \theta_2) + \theta_2^{m,n}(\theta, \theta_1, \theta_2) \} + \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M [\lambda^{m,n} (\theta^{m,n} + \theta^{m+1,n} - \theta^{m,n+1} - \theta^{m+1,n+1})] \quad \lambda^{m,n}: \text{未定乗数} \quad (3)$$

としたとき

$$\frac{\partial F}{\partial \theta^{m,n}} = 0 \quad (m=1,2,\dots,M; n=1,2,\dots,N-1), \quad \frac{\partial F}{\partial \theta^{m,n}} = 0 \quad (m=1,2,\dots,M-1; n=1,2,\dots,N), \quad \frac{\partial F}{\partial \lambda^{m,n}} = 0 \quad (m=1,2,\dots,M-1; n=1,2,\dots,N-1) \quad (4)$$

を満たす $\theta^{m,n}$ を見い出せばそれがここで求める最適相対オフセットとなる。

参考文献

1. 奥谷巖; 前制御に関する基礎的考察, 交通工学, Vol.3, No.4 (1968)
2. 米谷栄二, 奥谷巖; 配分交通量の変動を考慮した前制御, 昭和44年土木学会関西支部年次講演概要
3. I.Okutani; Determination of Offsets Pattern through the Maximum Principle, Proceedings of the Society of Civil Engineers (投稿中)