

制御の継続時間と制御パターン変更について

京都大学工学部 正員 米谷栄二

〃 奥谷 巖

1. まえがき 面制御において、一制御パターンの適正な継続時間の決定方法とつぎの制御パターンへ移行する際の過渡段階における残存を最小にする変更方法を見いだすことが一つの重要な未解決の問題として残されている。したがって、今回はこれら二点について、未だ基礎的かつ不十分な段階ではあるが若干の考察を行なってみた。

2. 数式モデルによる損失関数の決定 種々の交通損失と制御量（ここではとくにオフセットに注目する）との間の関数関係を簡単な数式モデルによって求めてみると、まず待ち時間 W は

$$W = \int_0^R g(t-t_0) \{ (R-t) + T \int_0^t g(s-t_0) ds \} dt \\ + \int_R^T g(t-t_0) \cdot T \cdot \left\{ \int_0^t g(s-t_0) ds - g_0 \cdot (t-R) \right\} dt \quad (1)$$

また、停止台数(回数) S は

$$S = \int_0^T g(t-t_0) dt \quad (2)$$

などとなる。ここに、 R ；赤信号時間、 t_0 ；待ち行列の形成が始まる時間で交差点間距離 L 、平均速度 $\bar{v}$ 、相対オフセット θ などに関係、 T ；反応時間、 g_0 ；飽和交通量、 t ；信号が青になり、最後の停止車が動き出す時刻である。

走行所要時間損失についても同様な数式モデルを考えたが、ここでは割愛する。いま、 $L=300m$ 、周期 $C=100$ 秒、スプリット $=50\%$ 、 $\bar{v}=12.5m/sec$ 、 $g_0=0.5$ 台/秒、 $T=1$ 秒として実際に計算を行なってみると各損失はオフセットにたいして図-1のような変化を示し、ほぼ正弦あるいは余弦関数を適用することが可能であることがわかる。つぎに、これらの関数を適用すると

した場合、その平均値と振幅 A 、 B が交通量 g によってどのように変わるかを調べてみた。その結果、交通損失の種類によって若干の違いはあるが、 A 、 B ともに g の一次あるいはゆるやかな二次式として表わされることがわかった。そこで、いま交通損失を $g(\theta, g)$ のように表わすものとするれば、その一般的な形は

$$g(\theta, g) = (a_1 g^2 + a_2 g + a_3) + (b_1 g^2 + b_2 g + b_3) \sin(C_1 \theta + C_2) \quad (3)$$

のようになる。

3. 継続時間 いま、一つの制御パターンの継続時間を T としたとき、この周期に交通量 g が流れるならば $g(\theta, g)$ としては式(3)をそのまま採用できるわけで、野路網の全体的制御の問題も極めて扱い易い。ところが、現実には交通量 g は図-2に示したように、た

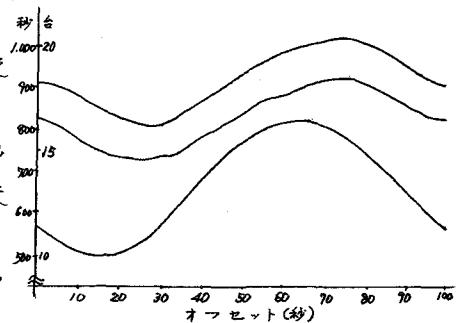


図-1

たとえば5分間交通量といふ。T単位では極めて不規則な変動を示すのはいうまでもなく、T分間交通量自体、予測値を上回、たり下回ったりする。したがって、いま最小時刻単位（たとえば5分）の実際の交通量を g とすると

$$g = \bar{g} + x + y \quad (4)$$

ただし、 $\bar{g}$ ；T分間予測平均交通量

x ；実際に流れたT分間交通量と $\bar{g}$ との差

y ；各単位時間に現れる交通量と x の差

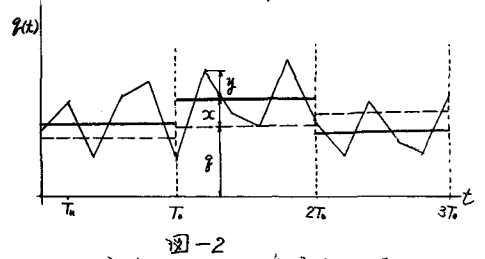


図-2

ところで、この式中の x 、 y はほぼ平均値0のまわりのある分布をなす確率変数と考えられる。そこでいま x の確率密度関数を $f(x)$ 、 y をそれを $h(y)$ とすると、 $g(\theta, \bar{g})$ と $g(\theta, \bar{g})$ の差のT分間における平均総計は

$$\frac{T}{T_0} \cdot \frac{T_0}{C} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \{g(\theta, \bar{g}) - g(\theta, \bar{g})\} f(x) h(y) dx dy \quad T_0: \text{交通量を計測する最小時間} \quad (5)$$

式(3)、(4)の関係を上式に入れ

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1, \int_{-\infty}^{\infty} h(y) dy = 1, \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx = 0, \int_{-\infty}^{\infty} y h(y) dy = 0$$

を考慮すると、式(5)は、きよく

$$\frac{T}{C} \{a_1 + b_1 \sin(C_1 \theta + C_2)\} \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} x^2 f(x) dx + \int_{-\infty}^{\infty} y^2 h(y) dy \right\} \quad (6)$$

となる。 A 、 B と g の関係が一次式とすれば上式は0となって、周期あるいはスプリットの面からの変更要請がない限り、かなり長い時間、同一オフセットパターンを維持してよい。二次式とすれば式(6)の値は0にはならないので、右の式の中の x と y の分散和を最小にするように T_0 をとればよい。まず x の分散であるが、これは T_0 が大きくなるにしたがって交通量を予測し易いということから T_0 にたいして単調減少関数である。つぎに y の分散であるが、いま車台1台しか到着し得ない単位時間 t_1 （たとえば1秒）を考え、 t_1 の内に到着する平均交通量を入台とすると、 t_1 内に1台到着する確率 p は $p = \lambda$ である。ここで $N = T_0/t_1$ とおくと、 T_0 の間に N 台到着する確率 P_N は二項分布を用いて、 $P_N = \frac{N!}{N!(N-N)!} p^N (1-p)^{N-N}$ で与えられるので、これを利用して分散を求めると $Np(1-p)$ となり、 N （したがって、 T_0 ）に比例することになる。ところで、この分散は y の分散と同義であるから、けっきょく y の分散は T_0 に関して単調増加関数となる。以上のことから、 x と y の分散和は凹曲線になるので、その最小値に対する T_0 を適正継続時間とする。

4. 制御パターンの変更方法 格子状ネットワークの交差点にマトリックス状の番号が付けられているとき、いま現在のオフセットを $\xi^{(m,n)}$ 、つぎのTの間の最適オフセットを $\xi^{(n,n)}$ とする。このとき $\xi^{(m,n)} \rightarrow \xi^{(n,n)}$ の変更方法をいかにすればよいかということであるが、一つの方法として、 $\xi^{(m,n)} + c$ としても相対オフセットパターンが変わらないことを利用して、 $\min_{m,n} \sum \{(\xi^{(m,n)} + c) - \xi^{(m,n)}\}$ とするような c を見出して、新たな最適オフセットパターンを与え直す方法がある。スプリットの変更については、それがオフセット変化を必然的に伴うので、変更方法はオフセット変化による犠牲が最も少なくなるようにすればよい。