系統式信号制御のオフセットについて

神戸大学工学部　正　員　工博　枝村俊郎
神戸大学大学院　学生員　○　久井　守

1、はじめに

本研究は系統式信号制御の最適オフセット決定法に関するものである。ここでは交通流を巨視的に流体流とみなし、かつ他の交差点からの影響がまったくない連続2交差点のみに着目して上下両方向の遅れ時間の和を最小にするオフセットを定量的に把握することを試みた。

2、遅れ時間

いま有効青時間を g、有効赤時間を r（$g + r = 1$）、発進飽和密度を d（台/sec）とする。また通常到着交通流は車群をなしているが、これを矩形波であると仮定し、その時間長さを λ、密度を a（台/sec）とする。交通波形は距離とともに変形を受けるが、これを一応

$$\lambda = C g' \qquad C = C_0 D + 1.0$$

とする。C_0 は定数、D（m）は交差点間距離である。さらに $g = a\lambda$ とおく。そうすると1周期あたりの片側交通量は gT となる。ただし T（sec）は信号周期である。以上の定義において、時間量はすべて T で規準化したものとする。このようにすると1周期あたりの遅れ時間 W（台·sec/周期）は　$W = wT^2$　となる。w は T にほとんど関係しない値である。図-1に示すように車群の最後端が交差点に到着した時点から有効青時間終了時点までの時間を ξ とする。到着波形と発進波形および待台数 $g_\ell(t)$ の関係はたとえば図-1のようになり、W は $g_\ell(t)$ の積分値となる。この場合 W は

$$W = \frac{1}{2}\cdot a(\xi + \lambda - g)\cdot\frac{d}{d-a}(\xi + \lambda - g) = \frac{ad}{2(d-a)}(\xi + \lambda - g)^2$$

となる。ただしこれらの関係は ξ、g、r、λ の値によって異る。そこで g および r と λ の大小によって異るすべての場合をつくし、w と ξ との関係を求めると結局図-2のように4とおりの関係図が得られる。ただし図中の φ は　$\varphi = (d-a)\lambda/d$　である。

3、最適オフセット

図-1　到着、発進波形と待台数

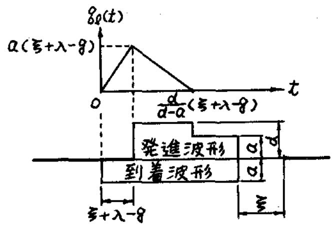
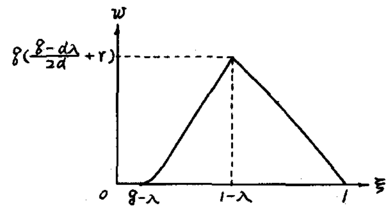
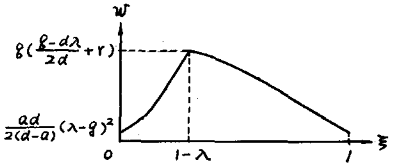


図-2　遅れ時間

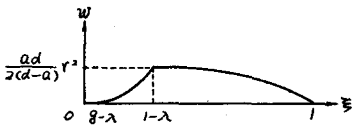
Ⅰ. $\lambda \leqq g$ かつ $\varphi \leqq r$ の場合



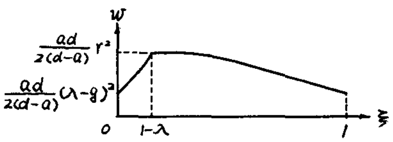
Ⅱ. $\lambda > g$ かつ $\varphi \leqq r$ の場合



Ⅲ. $\lambda \leqq g$ かつ $\varphi > r$ の場合



Ⅳ. $\lambda > g$ かつ $\varphi > r$ の場合



2.で得たWを上り方向交通の遅れ時間とすると下り方向交通の遅れ時間W'（あるいはW'）も同様にして求めることができる。いまオフセットγ以外の変数はすべて与えられているとし、$W_0 = W + W'$ を最小にするγ_{min}を求めることにする。ただしここでγは有効青時間終了時点の時間ずれとする。いま車群後端の移動速度をV(m/sec)とし、τを

$$\tau = D/TV$$

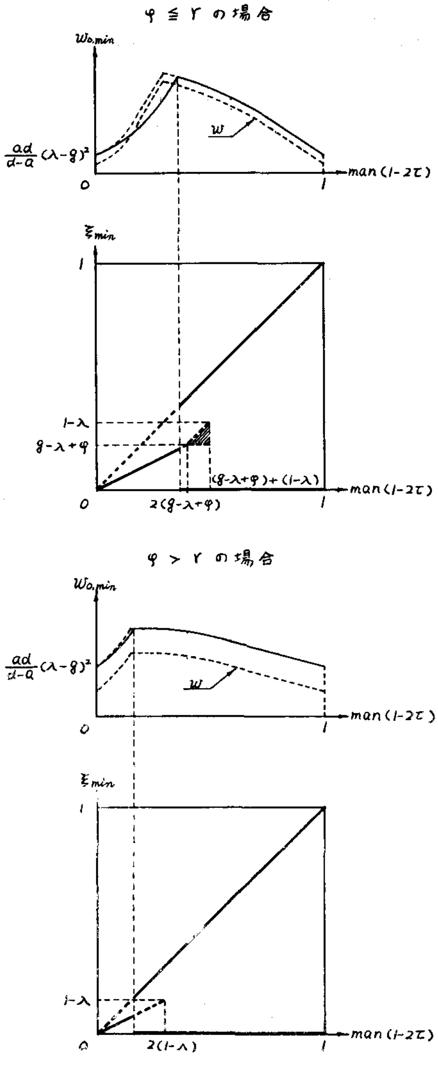
と定義すると

$$\gamma = man(\tau + \xi) \qquad (1)$$

$$\gamma' = man(\tau + \xi') \qquad (2)$$

$$\xi' = man(1 - 2\tau - \xi) \qquad (3)$$

図-3　最適オフセットと最小遅れ時間



なる関係が得られる。W-ξ図、W'-ξ'図および(3)式を用いると、W_0を最小にするξ_{min}、したがって(1)式よりγ_{min}を求めることができる。すなわち、まず(3)式によりW'-ξ'図をW'-ξ図に変換する。このW'とξとの関係式の中には$(1-2\tau)$が変数として含まれることになる。つぎに$\frac{dW}{d\xi}$-ξ図と$\frac{dW'}{d\xi}$-ξ図を求め、$man(1-2\tau)$を0から1まで変化させて、$\left(\frac{dW}{d\xi}+\frac{dW'}{d\xi}\right)$が負から正に変化する点$\xi$を求めれば、$W_{0,min}$および$\xi_{min}$と$man(1-2\tau)$の関係が得られることになる。ここですべての場合について説明することは不可能なので、最も簡単な $g = g'$、$g = g'$ の場合のみについて最適オフセットとそれに対応する最小遅れ$W_{0,min}$を示しておく（図-3）。これは交差点間距離と$W_{0,min}$およびξ_{min}との関係を示したものである。この図からまず最適オフセットに対する交通量変動の影響は小であるといえる。ξ_{min}と$man(1-2\tau)$との関係図で $\xi_{min} = 0$、すなわち $\gamma_{min} = man(\tau)$ はWを最小にするオフセット（上り優先オフセット）であり、$\xi_{min} = man(1-2\tau)$ すなわち、$\gamma_{min} = 1 - man(\tau)$は$W'$を最小にするオフセット（下り優先オフセット）である。図-3をみると$man(1-2\tau)$の値が大きい場合は優先オフセットが最適であり、小さい場合はそれ以外のオフセット、たとえば、$\xi = \frac{1}{2} man(1-2\tau)$ が最適であることがわかる。

4. おわりに

以上により交差点間距離、交通量と最適オフセットとの関係がほぼ明らかとなった。これらの結果を用いると、最適の系統周期について議論することもある程度可能となる。

参考文献　猪瀬、藤崎、浜田：「巨視的交通流モデルに基づく道路交通制御の理論」、電気学会雑誌、Vol 87-8, No 947