

IV-120 交通信号系統制御における2信号交差点連続停止・車群分割の基礎的考察

東京大学 大学院 学生会員 中村 英樹
東京大学生産技術研究所 正 会 員 越 正毅

1. はじめに

従来から交通信号系統制御の評価基準は、国際的にも遅れや停止回数等に代表される経済指標が用いられているが、我国においては①信号交差点における到着車群の分割を避ける、②同一車両の2交差点連続停止をなるべく防ぐ、の2点も考慮すべきだという意見がある。しかしこれらの経済効果以外の評価基準と交通信号制御との定性的な関係については全く明らかにされていないため、これらを考慮することの有用性やそれに伴う損失については全く未知である。そこで本研究では単純化モデルを用いて、上記の2つの評価基準について交通信号制御との基本的関係を明らかにし、遅れ・停止回数との両立が可能であるかを検討した。

2. 街路交通流のモデル化の仮定

ここでは簡単のために、古くから遅れや停止回数の算出に用いられてきた単一飽和方形波モデルを次の仮定の下に用いる（図1）。

①各信号のサイクル長、及びスプリットはそれぞれ等しく、サイクル長 $C=1$ 、スプリット $g=r=0.5$ とする。

②方形波は完全に飽和している。

③両方向の交通量は等しく直進交通のみであり、速度は一定で車群の拡散はない。

④待ち行列の影響によるリンクのオーバーフローは考えない。

このモデルを用いて、リンク内における各サイクル毎の総遅れ、停止台数、車群分割回数および同一車両の二回連続停止について考える。二回連続停止以外については、方形波および現示は完全に飽和しているため、方形波に隙間ができることはなく、それぞれのリンクについて独立して考えても差し支えない。

3. 到着車群の分割と総遅れ・停止台数の関係

単一リンクにおいて下流交差点への到着交通を考えた場合、このリンクの片道旅行時間 ℓ と相対オフセット t （いずれもサイクル長で正規化）の組合せによるリンク内における両方向合計の停止台数、総遅れおよび車群分割の有無は容易に求めることができ、それぞれの評価基準に対する最適オフセットの範囲を表1のように整理できる。これより、 $0.25 < t \leq 0.5$ 及び $0.75 < t \leq 1$ では総遅れ最小オフセットと車群分割が生じないオフセットが完全に一致するのに対して、それ以外の範囲では全く排反となってしまうことがわかる。これは、完全飽和の場合に車群を分割しないということは、全車通

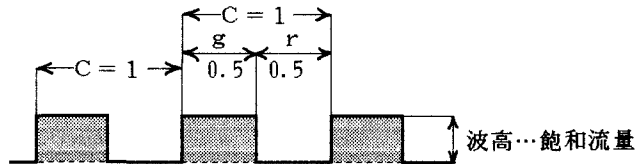


図1. 単一飽和方形波モデルによる発生交通

表1. 各評価基準に対する最適オフセット

リンク片道旅行時間 ℓ	車群分割が生じないオフセット	停止台数最小オフセット	最小停止台数 N_{min}	総遅れ最小オフセット	最小遅れ d_{min}
$0 \sim 0.25$	$0.5 - \ell \leq t \leq \ell + 0.5$	$t \leq \ell, t \geq 1 - \ell$	2ℓ	$t \leq \ell, t \geq 1 - \ell$	ℓ
0.25	$0.25 \leq t \leq 0.75$	$t = 0.25, t = 0.75$	2ℓ (=0.5)	不定	ℓ (0.25)
$0.25 \sim 0.5$	$\ell \leq t \leq 1 - \ell$	$t = \ell, t = 1 - \ell$	0.5	$\ell \leq t \leq 1 - \ell$	$0.5 - \ell$
0.5	$t = 0.5$	$t = 0.5$	0	$t = 0.5$	0
$0.5 \sim 0.75$	$t \leq \ell + 0.5, t \geq 1.5 - \ell$	$1 - \ell \leq t \leq \ell$	$2\ell - 1$	$1 - \ell \leq t \leq \ell$	$\ell - 0.5$
0.75	$t \leq 0.25, t \geq 0.75$	$t = 0.25, t = 0.75$	$2\ell - 1$ (=0.5)	不定	$\ell - 0.5$ (=0.25)
$0.75 \sim 1$	$t \leq 1 - \ell, t \geq \ell$	$t = \ell, t = 1 - \ell$	0.5	$t \leq 1 - \ell, t \geq \ell$	$1 - \ell$
1	$t = 0, 1$	$t = 0, 1$	0	$t = 0, 1$	0

過若くは全車停止を意味することから理解できる。また停止台数最小オフセットの領域は総遅れ最小オフセットの領域に完全に含まれている。したがってこれら3つの評価基準を同時に満足するオフセットが存在するのは、 $\rho = \tau = 0.5$ 、あるいは $\rho = \tau = 1$ のときだけであり、これはそれぞれ交互式、同時式を用いればよいことを示している。

4. 二回連続停止の防止と総遅れ・停止台数との関係

同一車両の2信号交差点連続停止については、図2のような二連リンクABCを用いて同様に考える。各リンクの片道旅行時間 ρ_i ($i=1, 2$)と相対オフセット z_i の組合せにより場合分けして解析した結果、二回連続停止が生じないオフセットは、

① $0 < \rho_1 \leq 0.25$ かつ $0 < \rho_2 \leq 0.25$

の場合、

$$\rho_1 + \rho_2 - 0.5 \leq z_1 + z_2 \leq$$

$$-(\rho_1 + \rho_2 - 0.5) \dots \dots (1)$$

② それ以外のリンクの組合せの場合、 図2. 二連リンクABCにおける到着・発進方形波の一例

$z_1 = 1 - \rho_1$, $z_2 = \rho_2$: リンク1で西方向を完全優先、リンク2で東方向を完全優先

$z_1 = \rho_1$, $z_2 = 1 - \rho_2$: リンク1で東方向を完全優先、リンク2で西方向を完全優先 (図3)

の2組しか存在しないことがわかった。いずれの場合も上述のオフセットを用いれば総遅れも最小となっているが、車群分割は必ずしも防止できない。

5. まとめ

以上の結果から、単純化モデルの上では多数の連続したリンクにおいても、総遅れ、停止台数及び二回連続停止台数の3つの評価基準を同時最適化することのできるオフセットの組合せが、少なくとも二つは存在することがわかった。このとき一交差点おきに停止することになり、隣接したリンクで交互に優先権を与えるようなオフセットといえる。また車群分割は他の評価基準とは相反するものであり、リンク片道旅行時間 ρ_i がサイクル長の $1/4 \sim 1/2$ の範囲にあるリンクでしかこれを含めた4つの評価基準を同時最適化できないことが明らかとなった。

今回は理想的な条件のもとで非常に単純化されたモデルを用いたが、諸条件を加味して実交通流への適用可能性を検討することが必要である。

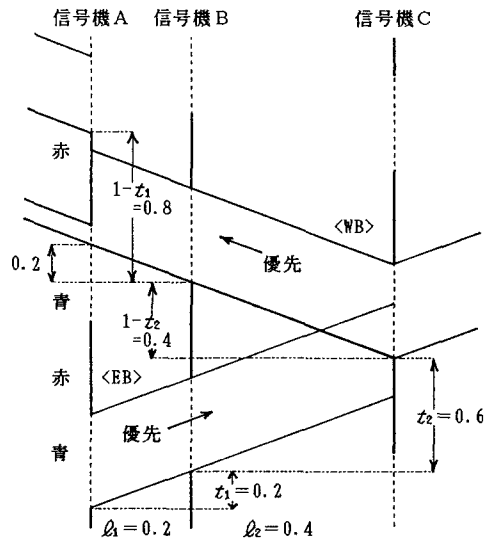
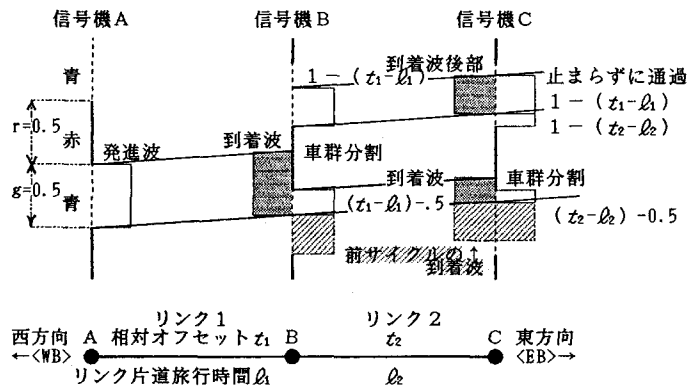


図3. 総遅れ・停止台数・二回連続停止を同時最小化するオフセットの一例

参考文献

- 1) 越正毅: 系統交通信号におけるサイクル制御の研究, 土木学会論文報告集第241号, pp125~133, 1975年9月
- 2) 中村英樹: 交通信号系統制御の評価基準間の相互関連, 東京大学修士論文, 1987年2月