

幹線街路の走行性能照査のための交差点信号遅れの推計

名古屋大学大学院 学生会員 ○中井 麻衣子

名古屋大学大学院 正会員

中村 英樹

名古屋大学大学院 正会員

内海 泰輔

1. はじめに

我が国の幹線街路は、頻繁に渋滞が生じるだけでなく旅行速度も低く、走行性能が十分とは言えない状況にある。その原因としては、道路計画段階、運用段階の性能照査が不十分であることが考えられる。特に、交通容量が不連続となる信号交差点は街路全体の走行性能に最も影響を与えると見てよい。信号交差点の評価指標としては、遅れ時間、停止回数、交通処理量、渋滞長などが挙げられ、このうち遅れ時間が最も基本的かつ重要だとされているが、交通信号の手引¹⁾では遅れ時間推定方法として孤立交差点を対象としたWebsterの遅れ時間推計式を掲載するに留まっている。実際に信号交差点の性能を照査するためには、系統制御を考慮するなど日本の現状に見合った遅れ時間の推計方法を構築する必要がある。そこで本研究では、幹線街路の走行性能照査を行うために必要となる交差点信号遅れの推計方法の構築を試みる。

2. 既存の遅れ推計式

既存の遅れ式の代表的なものとして、Webster式、Highway Capacity Manual (HCM)²⁾における遅れ式、越による系統制御を考慮したリンク最小遅れ式³⁾がある。

Webster式は孤立交差点が対象である点、越式は単一

飽和方形波到着、青時間比0.5、オフセット最適化済という理想条件での最小遅れを求める式である点で現実の幹線街路の信号遅れを表現するのは難しい。一方HCM式(1)は信号系統による影響が考慮されており、幹線街路の信号遅れ推計式に最も近いと言える。

$$d = d_1 \cdot PF + d_2 + d_3 \quad (1)$$

HCM遅れ式は d_1 :一様到着遅れ、 PF :信号系統制御影響係数、 d_2 :ランダム到着と過飽和による遅れの増分、 d_3 :初期待ち行列遅れから構成される。遅れの大半を占めるのが第1項であり、系統制御の影響を考慮した信号遅れを推計する上で PF は大きな意味を持つ。 PF は赤時間到着割合/赤時間比を表し、赤時間比と赤時間到着割合のバランスによって一様到着遅れを補正している。

2交差点で平均遅れの実測値とHCM式による推計値を比較したところ、一方ではおおよそ一致したが、もう一方では推計値が実測値の2倍以上となった(表3)。後者の交差点は赤時間の終わりに車群が到着しているため、同じ台数が赤時間の始めに到着した場合よりも平均遅れが小さくなると予想されるが、HCMでは赤時間中の到着分布の影響が考慮されていないため、前述のような結果となったと考えられる。これを踏まえると、サイクル長が長く、赤時間も長い日本の現行の信号交差点では、赤時間長と赤時間到着割合のバランス

表1 到着パターンの分類と矩形波到着平均遅れ式

	(i)赤で止められる車両0	(ii)後尾が止められる	(iii-1)全車両が止められる	(iii-2)先頭が止められる
範囲	$0 \leq T - \theta < G(1 - \lambda)$	$G(1 - \lambda) \leq T - \theta < G$	$G \leq T - \theta < C - \lambda G$	$C - \lambda G \leq T - \theta < C$
到着の様子				
総遅れ				
平均遅れ式	$d_r = 0$	$d_r = \frac{C(1-g)}{\lambda} \left(\lambda - 1 + \frac{T-\theta}{G} \right)$	$d_r = C - (T - \theta)$	$d_r = C - (T - \theta)$

C: サイクル長, G: 有効青時間, $R=C-G$, g : 青時間比, s : 飽和交通流率, $\bar{q}$: 需要交通量, λ : 需要率, T : 交差点間旅行時間, θ : オフセット

に加えて、赤時間内での車群の到着タイミングが特に重要となる。そこで、本研究では車群が交差点に到着するタイミングに注目して到着パターンを分類し、到着パターンごとに遅れの推計を行う。

3. 系統制御を考慮した遅れ式の構築

系統制御された街路の交差点へは、図1に示すように始めは飽和交通流率で、徐々に車群が拡散しながら到着すると予想される。本研究では簡単のために、全車両が飽和交通流率で到着する矩形波到着を仮定する。

3.1 オフセットによる到着パターンの分類

車群到着タイミングに注目して $T-\theta$ (実質オフセット)によって到着パターンを分類すると、表1に示した4つに分類される。図2に各パターンの矩形波到着平均遅れ d_r と $T-\theta$ の関係を示す。(i)では遅れがゼロ、(ii)では赤で止められる車両の増加とともに d_r も大きくなり、(iii)では $T-\theta$ が大きくなるほど車群が赤時間の終わりに到着することになり、遅れが小さくなる。

3.2 平均遅れの実測値との比較

表2の諸元を持つ植田西、西大須交差点における平均遅れの実測値、矩形波到着平均遅れ計算値(d_r)、HCM式による推計値を表3に示し、比較する。 $T-\theta$ と実際の到着の様子をプロットした図3、4から、植田西は(ii)、西大須は(iii-2)に分類されることが確認できる。

d_r は、(ii)植田西では遅れ実測値よりかなり小さくなった。これは実際の到着と矩形波到着の到着分布の違いに原因がある。実際は図3のように車群の後方車両が拡散して到着するため、赤で止められる車両が多いが、矩形波到着の場合は車群が圧縮されるため、遅れを被る車両が少なくなり、平均遅れが過小推計された。逆に、(iii)西大須では d_r が実測値より大きくなった。図4からもわかるように車群後方の車両が被る遅れの違いが原因である。矩形波到着の場合は全車両が一様に到着し一様に発進することから各車両が被る遅れは一定だが、実際には車群の拡散によって車群前方の車両ほど遅れが大きく、後尾ほど遅れは小さくなる。このことが平均遅れの過大推計につながった。

HCM推計値については前述した通り、(ii)植田西ではほぼ一致しているが、(iii)西大須で過大推計されている。

以上のことから、矩形波到着を仮定し到着パターンごとに遅れを推計すると、車群前半の遅れは上手く再現できるが、車群後方では拡散が生じるため、この影

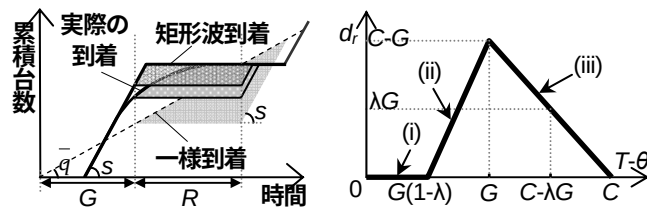


図1 停止線への車両到着

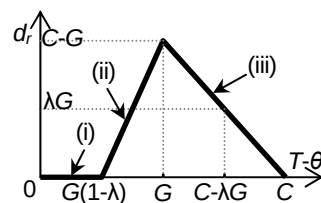


図2 $T-\theta$ と d_r の関係

表2 各交差点の諸元

交差点	C(s)	G(s)	ρ	T(s)	θ (s)
(ii) 植田西	140	54	0.64	25.6	4
(iii) 西大須	160	55	0.65	23.5	-74

表3 各交差点における平均遅れの比較

交差点	実測値	d_r	HCM
(ii) 植田西	26.0s	5.8s	29.0s
(iii) 西大須	23.9s	62.5s	49.7s

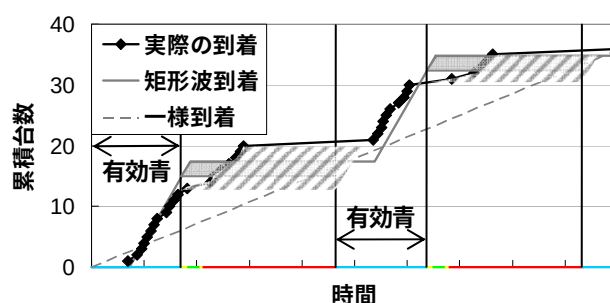


図3 植田西交差点の車両到着

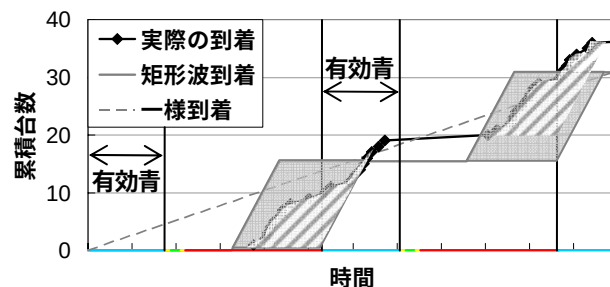


図4 西大須交差点の車両到着

響を考慮した補正を行う必要があることがわかった。

4. おわりに

矩形波到着を仮定して系統制御の影響を考慮した交差点信号遅れの式を構築し、実測値との比較を行った結果、車群の拡散が大きく影響していることがわかった。今後はシミュレーションを行って車群拡散影響係数を求める予定である。車群拡散影響係数は交差点間距離、需要率と関係があると予想されるため、これらを変化させてシミュレーションを繰り返す必要がある。

参考文献

- (1) (社)交通工学研究会：改訂 交通信号の手引，2006。
- (2) Transportation Research Board：Highway Capacity Manual 2000，2000。
- (3) 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。