

2 車線道路の工事区間における遅れ時間と青時間について*

Delay and Green Time at Work Zone on Two-Way Road*

中辻 隆**・萩原 亨**・鈴木信久***・松元照幸****

Takashi NAKATSUJI**, Toru HAGIWARA**, Nobuhisa SUZUKI*** and Teruyuki MATSUMOTO***

1. はじめに

工事区間は交通渋滞の直接的な原因となることから、区間長や制御方法は交通状況に応じて適切に設定されなければならない¹⁾⁻⁴⁾。しかしながら、工事区間における交通に関しては、規制手法のみならず走行特性についても未だ十分な研究がなされていない。従来の研究においては、信号交差点に対する理論に基づいた議論が多くなされている。例えば、遅れ時間の算定においては、停止遅れのみを考慮したモデル化が行われることが多く、工事区間を走行する際の速度低下や加減速による影響についての定量的な評価は行われて來ていない。あるいは、誘導員による交通規制を行う際にも、誘導員による差異が大きいことは知られていても、その原因の解明に関する研究はほとんどなされていない。これらの問題点を解明し検証するには、先ずもって工事区間における交通流特性の実態について知る必要がある。しかしながら、広範な道路、交通、および工事条件下で実態観測を行うことは極めて困難である。そのため実際の車の挙動や誘導員の機能を模擬した交通流シミュレーション解析が重要となる。

本研究においては、先ず工事区間における実態調査を行い走行特性データを得るとともに停止遅れ以外の遅れの影響も無視出来ないことを明らかにする。次に、誘導員による制御と車の加減速を考慮した上でミクロモデルに基づくシミュレーションプログラムの開発を行い、道路交通条件の変化や規制方式の違いによって停止遅れやそれ以外の遅れがどのように変動するかを分析する。さらにシミュレーションによる青時間と定常流を仮定して求まる最適青時間の比較を行う。

2. 工事区間における交通制御

(1) 工事区間

2車線道路の片側車線において工事が行われ、交互通行規制が行われているものとする(図1)。工事区間長をL(m)とし、誘導員、あるいは簡易信号機による交通制御が行われているものとする。

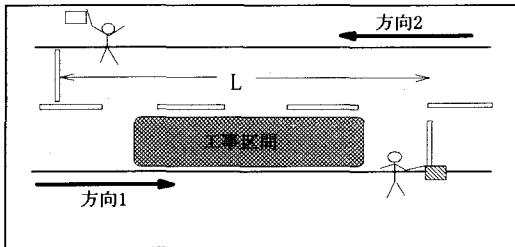


図1 2車線道路における工事区間

(2) 青時間と延長青時間

流入方向*i*の青時間をG_i、待ち行列中の最後の車が工事区間を通過するのに必要な時間をt_w、信号や合図の切り替え時のロストタイムをL_s、そしてサイクル長をCとする時次式が成立する(図2)。

$$C = 2t_w + G_1 + G_2 + 2L_s \quad (1)$$

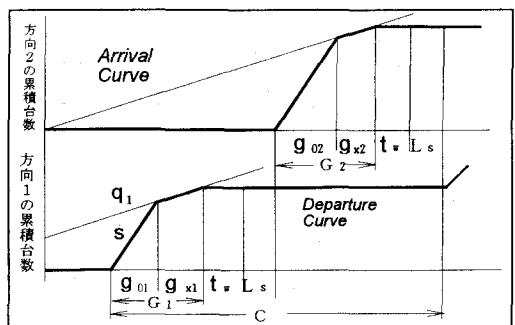


図2 工事区間における現示構成

* キーワード：工事区間、交通制御、交通流シミュレーション、ミクロモデル、遅れ時間

** 正員、工博、北大工学部土木工学科(札幌市北区北13条西8丁目、TEL 011-706-6215 FAX 726-2296)

*** 正員、工修、NKKエンジニアリング研究所(川崎市川崎区南渡田町1-1、TEL 044-322-6234 FAX 322-6521)

**** 正員、工修、NKK大阪支社エレキ-プラント部(大阪市平野町4-1-2、TEL 06-223-7598 FAX 223-7591)

青時間 G_i は、初期青 g_{0i} と延長青 g_{xi} とに分ける。いま、流入交通流率を q_i 、飽和交通流率を S とすると、流入交通量と流出交通量の釣り合いから定常な場合の青時間 G_i は次式のようになる。

$$G_i = \frac{q_i [S(g_{x2} + 2t_w + 2L_s) - q_2(g_{x2} - g_{x1})]}{S[S - (q_1 + q_2)]} + g_{x1} \quad (2)$$

$$G_i = \frac{q_2 [S(g_{x1} + 2t_w + 2L_s) - q_1(g_{x1} - g_{x2})]}{S[S - (q_1 + q_2)]} + g_{x2} \quad (3)$$

3. 工事区間における走行特性

(1) 走行実態調査

埼玉県草加市内の工事区間(長さ80m)において走行実態調査を実施した(1992年8月)。そこでは誘導員による片側通行規制が行われていた。走行挙動をビデオ撮影し、座標変換等の所要の前処理を行った後に、到着時間間隔、発進所要時間、発進車頭間隔、発進加速度、工事区間走行速度、追従感度パラメータ等の統計量を求めた。工事が行われていない時にも撮影を行い自由走行速度を算出した。表1に主な変量の平均値と標準偏差を示す。

表1 工事区間における走行挙動特性(草加)

変量	平均値	標準偏差
到着時間間隔	10.84(sec)	9.03(sec)
発進加速度	2.5(m/s ²)	1.5(m/s ²)
発進所要時間	2.26(sec)	0.93(sec)
工事区間速度	39.5(km/h)	7.0(km/h)
自由走行速度	45.3(km/h)	9.2(km/h)

(2) 遅れ時間特性

先の実測画像より、1流入方向を対象として停止遅れ、発進遅れ、および工事区間の速度低下による遅れを求めた。なお、減速遅れは撮影範囲では減速開始位置が不明であり計測不能であった。また、発進遅れと速度低下による遅れについても、定常走行になった位置の識別が困難であり、しかも撮影範囲が全工事区間をカバーしていないため、撮影範囲内(停止線より62m)の遅れ(自由走行時間との差

異)を両遅れの和として求めた。図3は、実測データから停止と発進時刻を測定しその間の停止遅れを求め頻度分布表示したものである。平均13.1(秒/台)、標準偏差9.8(秒/台)となっている。ピークが2つに分かれているのは数百m上流部の信号交差点の影響かと予想される。同様に図4は、発進加速時の遅れと工事区間の速度低下による遅れの和を示している。平均値は4.6(秒/台)、標準偏差は1.3(秒/台)であった。両遅れの和はもう少し大きな値となると予想されるが、停止遅れに対し35%と比較的高く、全遅れ時間の算定上無視出来ない割合となっている。

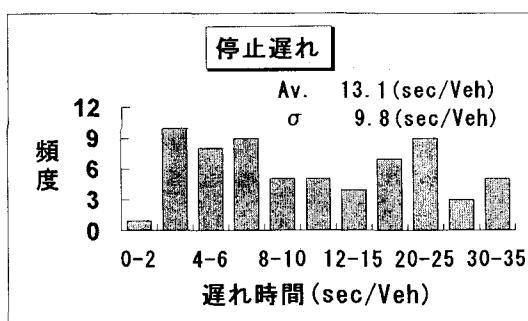


図3 停止遅れ時間の実測分布(草加)

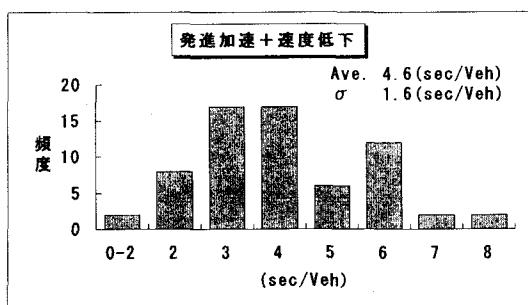


図4 発進遅れと工事区間内の速度低下による遅れ時間の実測分布(草加)

4. シミュレーション解析

(1) シミュレーションモデル

到着時間、走行速度、あるいは加減速度のばらつきを考慮した上で遅れ時間や最適な青時間の算定を行うために追従理論に基づくミクロシミュレーションモデルの開発を行った。モデルにおいては、任意

の数の車種を設定することができ、車種ごとに加減速度と走行速度の最大値、および最小車頭間隔に関する平均値と標準偏差を与える。車は流入リンクの入り口部で発生する。到着時間間隔の確率分布としては、指数、アーラン、ガンマ、正規分布等を組み込み分布として準備するとともに、および任意の確率分布も設定することができる。制御方式としては、簡易信号機による固定方式と誘導員による感応方式を準備している。後者においては青時間の延長に関して広範な規範が想定され得るが、ここでは、最小の初期青時間(式(2)(3)を仮定)と最大の延長可能青時間を予め設定した上で、初期青時間終了時に

感応1:待ち行列にいた車のみを入れる

感応2:流入リンク内を走行中の車も入れる

2つの方式を設定している。また、シミュレーションの実行経過は、アニメーション表示される。

(2) 再現性の検証

表1に示した観測データに基づく道路交通条件や車両運動特性値を入力データとしてシミュレーションを行った。表2に50サイクル分の演算に基づく、青時間G_i、サイクル長C、停止遅れ、および発進加速と工事区間の速度低下による遅れの和の平均値を実測値と比較した結果を表している。実際の走行は必ずしも想定した確率分布(指数分布)に従っておらず、また誘導員の制御規範も不明であるので、実測とシミュレーション解が合致することは困難であるが、表2の結果は、感応方式2を仮定したシミュレーションが実測に類似した結果を与えていていることを示している。また、シミュレーション解が停止以外の遅れ時間をやや過大に評価している。

表2 観測結果との比較(草加:区間長80m)

	青時間sec		サイクル		停止遅れ*		加速+速低遅	
	方向1	方向2	sec		方向1	方向2	方向1	方向2
感応1	12.6	12.7	54.6		42.6	44.2	15.3	15.4
感応2	11.8	11.4	51.4		13.5	15.6	9.0	9.5
実測値	14.0	82.3			13.1		4.6	

*平均遅れ時間(sec/h)

**速度低下による遅れは撮影範囲のみ対象

(3) シミュレーション解析

前節の実測データにおいて、遅れ時間の算定において発進加速時や速度低下による遅れ時間が大きいことを示した。ここでは、シミュレーション解析によって、交通量、走行速度、あるいは区間長などの道路交通条件が変化した時の各遅れ時間を求め停止遅れ以外の影響を定量的に評価することを試みる。表3に基準とした道路交通条件を示す。ここでは、各サイクルごとの変動が大きいので50サイクル分の演算を行い平均値を求めた。

表3 基準の道路交通条件

飽和交通流率 S	1600 Veh/GrHr
交通流率 q	500 パ
工事区間速度 v _w	40 km/h
自由走行速度 v ₀	50 パ
発進加速度 a _a	2.5 m/s ²
減速加速度 a _b	4.0 パ
ロスタイム L _s	3 sec
工事区間長 L	100 m

(4) 遅れ時間と青時間

両方向からの流入交通流率を等しいと仮定し、その値を100(veh/hr)から500(veh/hr)まで変化させその他の条件は表3とした時の平均遅れ時間分布を図5に示す。前に述べたようにシミュレーションにおいては、停止遅れ以外の遅れ時間を過大に評価する傾向があるのでその影響を半分と減じても、停止遅れ以外の遅れが全遅れに占める割合は20%から25%と高くなっている。また、その割合は交通量が少ない方が高くなる傾向を見せている。

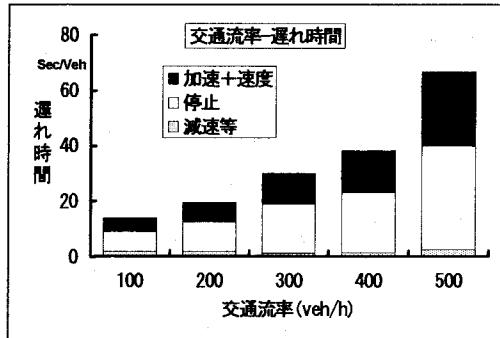


図5 交通量と遅れ時間(シミュレーション)

同様に、工事区間長を30mから200mに変化させた時の遅れ時間の変化を図6に示す。ここでも停止遅れ以外の遅れ、特に発進加速時や工事区間内の速度低下による遅れの影響が無視出来ないことが示されている。その他、工事区間の走行速度や発進加速度などのパラメータを変化させた時にも同様な結果が得られている。

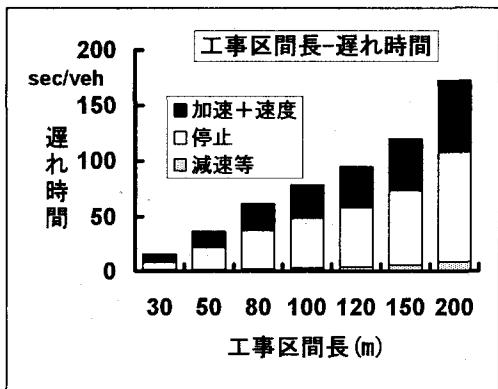


図6 工事区間長と遅れ時間 (シミュレーション)

実際の現場においては、制御方式が遅れ時間に与える影響は極めて大きい。図7は、簡易信号機の導入を想定した時(Fixed)と、先に述べた誘導員による2つの感応方式(Flag 1と2)とによる遅れ時間と比較したものである。シミュレーション条件は、図5と全く同様であり、両側からの流入交通流率を100(Veh/hr)から500(Veh/hr)まで変化させている。簡易信号機による時の青時間は誘導員による感応方式2(Flag 2)の場合の平均青時間の値を用いている。

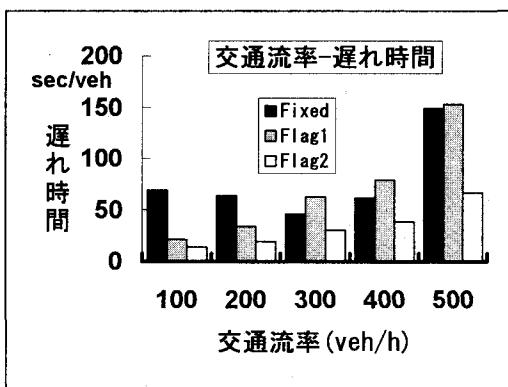


図7 制御方式と遅れ時間

交通量が少ないと車の到着がランダムであるためにFixed方式では無駄時間が生じ遅れ時間が感応式に比べ大きくなっている。交通流率が300(Veh/hr)の時にFixed方式の遅れ時間が小さくなっているが、交通量と青時間のバランスが良くなつたためと思われる。さらに交通流率が大きくなるに従つて、感応方式2以外の遅れ時間が急増している。これは過飽和状態となるサイクルが増加し臨機応変な青時間の延長が求められていることを表している。

図8は、シミュレーション解による方向1の平均青時間と定常流を仮定し解析的に求めた最適青時間との差を示したものである。極めてその差が大きい。原因として解析解においては1)走行挙動の変動を考慮していないこと、2)遅れ時間の算定にWebster式を用いていること、あるいは3)重交通状態でのシミュレーションの再現性が保証されていないことなどが挙げられる。

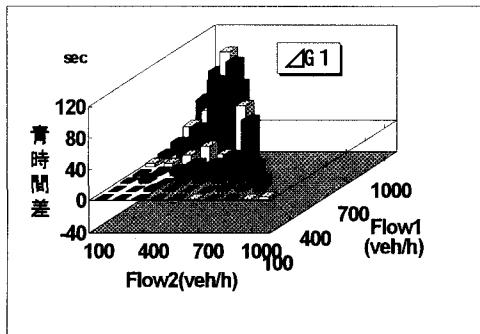


図8 定常最適解との青時間差

5.まとめ

2車線工事区間における交通流観測と誘導員制御を考慮したシミュレーションプログラムの開発を行い、1)停止遅れ以外の遅れ時間は全遅れの20~40%、2)誘導員の制御方法により遅れ時間が大きく異なる、3)定常解から求まる青時間は誘導員による時の青時間に比べ過小となる傾向にある等の知見を得た。

参考文献

- 1) Ceder: ISTTT, Vol. 11, 551-567, 1990
- 2) 笹岡: 交通工学, Vol. 27, No. 1, 25-32, 1992
- 3) Cassidy: ASCE, TE, Vol. 119-1, 27-42, 1993
- 4) 山本他: 土木学会48回年次講演会IV, 206-207, 1993