

## IV-58

## 交差点近くの工事区間における交通流に関する研究

北海道大学 学生員 神野 恵介

北海道大学 正員 中辻 隆

NKKエンジニアリング研究所 正員 松山 英治

## 1. はじめに

工事区間の存在は交通渋滞の直接的な原因となることから、区間長の設定および制御手法は交通状況に応じて適切に実施設定されなければならない。これらの解析を実測の観測データにのみ基づいて行うには交通条件や道路条件に制約を伴うことを勘案し、筆者らは交通流シミュレーションプログラムの開発を行ってきた。

本報告においては実際の交通流をより精度良く再現するために、個々の車の挙動を微視的に表現するとともに、加減速や発進遅れ、あるいは工事区間を走行する速度の時間的変動についても実測データに基づいて再現できるようにした。また、制御方法についても定時式に信号の現示を変更する方式のみであったのを、フラッグマンによる制御を想定して交通状態に応じて青時間を変化出来るようにした。ここでは、本報告に使用したモデルの概要について紹介するとともに、交通量や工事区間長を変化させた時の遅れ時間の変化などについて述べる。

## 2. シミュレーションモデル

## 1) 概要

工事区間における交通流シミュレーションモデルは、待ち合わせ現象としてモデル化する方法と個々の車の運動をシミュレートする方法とがある。前者においては、到着時間やサービス時間（工事区間通過所要時間）の確率分布が単純である場合には、解析的なアプローチも可能となるなどの利点もあるが、工事区間の特殊性、例えば交通状況に応じた青時間の延長や短縮、

あるいは工事区間長が短い場合には、その影響が無視出来ないと予想される発進や減速による遅れをモデル化出来ないなどの欠点を有している。ここでは、将来における道路ネットワークにおける迂回制御への適用、あるいはシミュレーション結果のアニメーション表示の可能性を考慮して後者のモデルに基づいてプログラムを作成した。

## 2) シミュレーション場

ここでは、図1に示すように2車線道路における片側車線が工事区間（長さ $L$ ）と設定され、交互通行規制が実施されるものとする。工事区間の両側には流入リンク（長さ $Le$ ）があり、滞留のためのスペースとして利用される。なお上下流部に信号交差点を設定する。

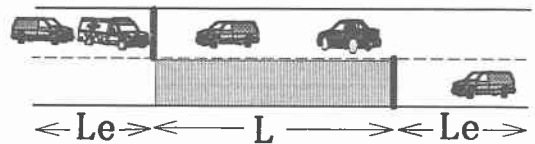


図1 シミュレーション場

## 3) 信号交差点

本シミュレーションにおいてはより実際の状態にちかいシミュレーションを行うために工事区間の両端に信号によって制御された交差点を配置してシミュレーションをおこなっている。その際に信号の青時間は仮定した交通量に比例して配分した。

## 4) 誘導員制御方式

本シミュレーションにおいては、定時方式と感応方式の2つの制御方式を、さらに後者におい

ては、待ちの状態に応じて2つの信号切り換え規範を準備している。

- a) 定時方式 予め設定された各方向別の青時間に従って信号の現示が設定される。信号機による規則的な制御を想定した方式であるが、信号機では事前に十分なクリアランスタイムを設定して全赤時間を決めているのに対し、本プログラムにおいては、最後尾の車の通過と同時に反対方向の青現示を切り換えるようにしている。
- b) 感応方式 予め設定された最小青時間の終了後待ち行列がある場合に青時間を延長する。その青時間開始以前に到着した車までを青時間延長の対象する方式と、その青時間内に到着した車までを含める方式を選択することが出来る。いずれの方式においても、最大可能な延長時間には上限値を設けて無制限な延長を避けている。また逆に、初期青時間内であっても流入リンクに車がない場合には青時間の打ち切りを行う。

#### 4) 車の運動

一般的に工事区間に接近する車は、信号の現示（あるいはフラッグマンの指示合図）が青である時には、先行車がある場合にはそれに追従し、先行車がない場合には、先頭車として自らの希望速度に従って走行する。また信号の現示が赤である時には、その車が先頭車である場合には停止線や停止中の先行車との距離に応じて減速度が設定され定減速度運動を行うとした。先行車も減速している場合には追従理論に基づいて各々の挙動が決定される。信号の現示が赤から青に変化した場合においても、先頭車が定加速度運動、追従車が追従運動を行うとしている。このように車の走行モードとしては、a) 先頭車とb) 追従車の2つの状態を、運転モードとしてはa) 定速、b) 発進加速、c) 制動減速、およびd) 停止の4つの状態を設定し、それらの組み合わせによって車の挙動が決定されるとした。なお、追従状態においては、追従理論に基づき (n+1) 番目の追従車の加減速度は次式によって表されるものとした。

$$\ddot{X}_{n+1}(t+\Delta t) = \frac{\alpha_0 [\dot{X}_{n+1}(t+\Delta t)]^m}{[X_n(t) - X_{n+1}(t)]^l} [\dot{X}_n(t) - \dot{X}_{n+1}(t)]$$

$\alpha_0$ 、 $l$ 、 $m$ は実測データから決まる感度パラメータである。なおここでは、その時の制動停止距離内に先行車がいる場合を追従状態と定義するとともに、追越しや追い抜きはないものと仮定している。

#### 5) アニメーション

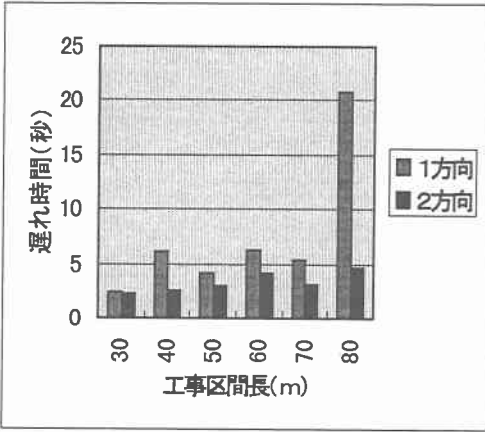
現在使用しているシミュレーションプログラムは入力操作が非常に複雑であり、使用するためにはプログラマがユーザーに使用方法について細かに説明しなければならず汎用性が低いものであるといわざるを得ない。そのため現在はそのような問題を解決し、同時にアニメーションの表示をよりヴィジュアルなものにするべく、開発を進めている。

### 3. 数値解析

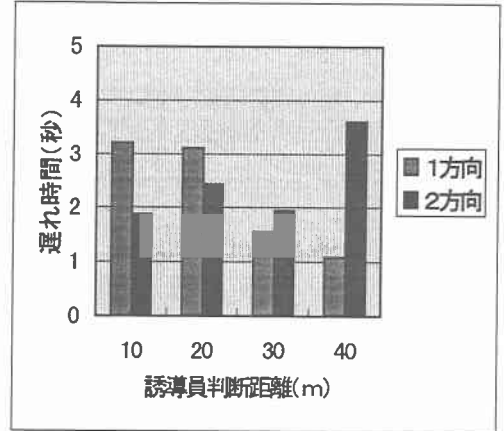
ここでは実際に様々な条件を設定してシミュレーションを行い結果について考察を行う。

#### 1) 工事区間長による影響

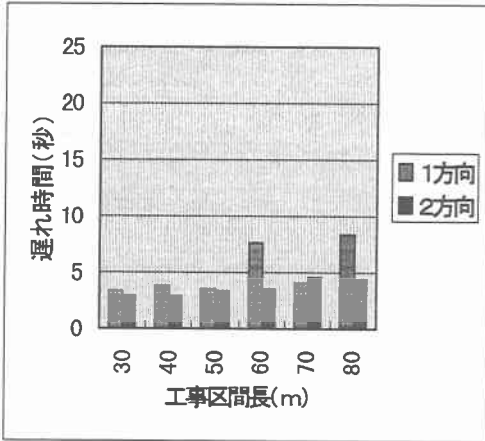
信号によって制御された2つの交差点（交差点間の距離120m）の中間に種々の長さを持った工事区間を設定したシミュレーション場を設定し、東西方向の交通量を①200台/時、②400台/時、および③800台/時と変化させた時の平均遅れ時間を求めた。なお、いずれの場合についても交差点の信号の青時間は飽和交通流率に応じて比例配分するとともに、信号10サイクル分のシミュレーションを行った。また、誘導員による通行の切り替えは感応方式を想定し、工事区間の手前のある距離以内に車両がいる場合にのみ指定された限度以内で青時間を延長した。ここではその距離は20m一定と仮定している。さらに、全ての場合について南北方向の交通量は各200台/時に仮定している。工事区間リンクにおける遅れ時間を図2に示す。東西方向の流入交通量をパラメータとして、横軸が工事区間長、縦軸が1台当たりの平均遅れ時間（秒/台）を表している。ただし、1方向とは工事区間のある車線方向であり、2方向とはその反対側の車線方向である。



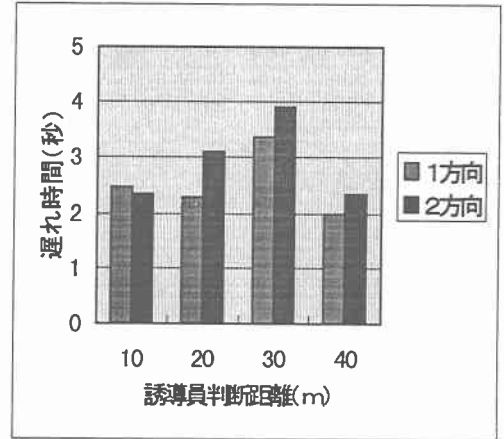
1) 東西交通量各200台/時



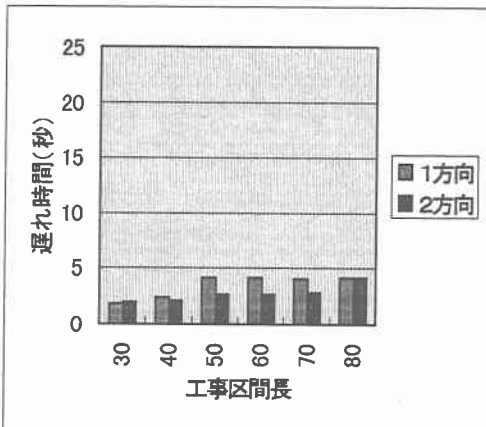
1) 東西交通量各200台/時



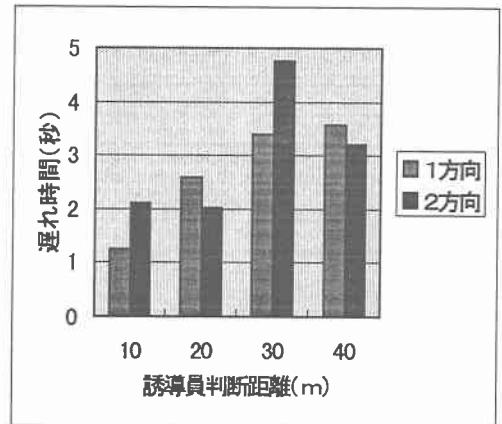
2) 東西交通量各400台/時



2) 東西交通量各400台/時



3) 東西交通量各800台/時



3) 東西交通量各800台/時

図2 工事区間長における影響

図3 誘導員判断距離による影響

## 1) 工事区間による影響

一般に工事区間長が増大すればするほど遅れ時間も増大することが予想される。図3においてもいくつかの例外を除きその傾向を確認することができる。また、交通量の影響としては、最大でも1000台/時(東西方向800、南北方向は200台)と未だ余裕があることから、何れの交通量においても3~5秒/台と大差ない結果となっているが、交通量が少ない時には工事区間長や方向による変動が大きくなっている。このことは、車の発生が少ない時には、信号の現示と誘導員の切り替えの同期を上手に設定しないと、交通量200台/時で工事区間長80m工事区間長の例に見るように、遅れ時間が増加することを意味している。換言するならば、交通量が少ない時には、工事区間手前のある距離以内に存在する車両の有無という単純な規範では対応できずより臨機応変な規範が必要である。

## 2) 誘導員判断距離による影響

上記と同様なシミュレーション場を設定し、工事区間長を40mに固定し誘導員の判断距離を変化させた時の工事区間リンクにおける平均遅れ時間を図3に示す。ここでも、南北方向の交通量を200台/時一定とし、東西方向の流入交通量のみを変化させている。

工事区間長による影響と異なり、判断距離による変動は大きい。ばらつきが大きいので断定は困難であるが、交通量が少ない場合には判断距離を30あるいは40mとした時に、逆に交通量が大きい場合には判断距離を10あるいは20mとした時に遅れ時間が小さくなる傾向を示している。このことは、交通量が少ない場合には遠くにいる車両の到着を待つて青時間を延長することが望ましく、逆に交通量が大きくなるに従って判断距離を短くすることが良いことを表している。また、工事区間長による影響と同様に、交通量が少ない場合には、両方向のば

らつきが大きくなっている。

## 5. あとがき

本報告では工事区間の交通流特性を工事区間長や誘導員の判断距離を様々に変えてシミュレーションするプログラムを開発し、そのプログラムを用いて、様々な条件下で数値計算を行った。その結果として誘導員の制御方式を信号の現示、交通量に応じて適当に設定しないと、遅れ時間を増加させてしまうこと、交通量が少ない場合には遠くにいる車両の到着を待つて青時間を延長することが望ましく、逆に交通量が大きくなるに従って判断距離を短くすることが良いこと等がわかった。今後はこれらをふまえて誘導員の制御をより効率化する方法について検討したい。

## 参考文献

- 1) Cassidy and L. D. Han; Proposed Model for Predicting Motorist Delay at Two-Lane Highway Work Zones, J. Transp. Eng. Vol. 119, No. 1, ASCE, 1993
- 2) Ceder and A. Regueros; "Traffic Control (at Alternative One-Way Sections) during Lane Closure Periods of a Two-Way Highway", Proc. 11-th Intn. Symp. Transp. Traffic Theory, pp. 551~568, 1990
- 3) T. McCoy, L. M. Pang, and E. R. Post; "Optimum Length of Two-Lane Two-Way No-Passing Traffic Operation in Construction and Maintenance Zones on Rural Four-Lane Divided Highways", TRR 733, pp. 20~24, 1980
- 4) 8) 笹岡, 高田; "工事区間での片側交互通行信号の運用法の考察", 交通工学, Vol. 27, No. 1, pp. 25~32, 1992
- 5) 笹岡; "2車線道路での工事中の交通処理に関する研究", 交通工学, Vol. 28, No. 2, pp. 31~38, 1993
- 6) 工藤健一郎, 中辻 隆, 小野寺雄輝; 工事区間における交通流特性について, 土木学会北海道支部論文報告集, 第52(B)号, pp. 426-429, 1996
- 7) Shibuya, T. Nakatsuji, T. Fujiwara and E. Matsuyama; Traffic Control at Work Zone on Two-Lane Roads Operated by Flaggers, Transportation Research Record, No. 1529, pp. 3-9, 1996