

IV-50

工事区間における交通流特性と制御手法に関わる研究¹

北大工学部 学生員 坂田秀希・広田洋司
 同上 正 員 中辻 隆・藤原隆・加来照俊

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いる。前報告においては、2車線道路に設けられた工事区間を対象したシミュレーションプログラムの作成を行ったが、工事区間における車の挙動を待ち合わせ現象とモデル化していたためにその再現度は必ずしも良くなかった。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、抜本的にモデルの改良を行った。すなわち、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、まず改良され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や通過時間の変化などについて述べる。

2. 交通流シミュレーション

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、到着時間や工事区間通過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。

2.1 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、上下流部の信号機の影響はないと仮定する。

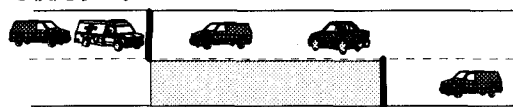


図1 シミュレーション場

2.2 車の運動

1) 車種 乗用車と大型車の2種類の設定を標準としているが、必要に応じて任意の数の車種を設定することができる。車種毎に最大の加減速度、自由走行速度、工事区間走行速度、および最小の車頭間隔の平均値と標準偏差が与えられ、個々の車ごとにそれらの値が設定される。

2) 発生 車は流入リンクの入口部において発生し、流入リンクを超えて滞留している車がある場合には最小の車間距離を有した位置において発生するものとしている。到着時間間隔の確率分布としては、指数分布、アーラン分布、正規分布、一様分布、レギュラー分布を組み込み分布として準備し、さらに任意の分布関数の設定が可能である。

¹ Traffic Flow Characteristics and Traffic Control Scheme in Work-Zone of Two-Way Highway

by H. Sakata, Y. Hirota, T. Nakatsuji, T. Fujiwara and T. Kaku, Faculty of Engineering, Hokkaido Univ.

3) 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。

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

α_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。

4) 吸収 工事区間を出た車は、遅滞なく出口リンクに入り、その時点でその車に関する遅れ時間や走行時間など各種の統計量が集計されシミュレーション場から消滅するものとした。

2.2 制御方式

本シミュレーションプログラムにおいては、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。

1) 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。

2) 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。

2.3 評価指標

工事区間における走行抵抗を評価するために、走行時間、速度、および遅れ時間に関して以下のような指標を定義している。

1) 走行時間

- ・全走行時間：発生から吸収まで経過時間
- ・実走行時間：全走行時間－停止時間
- ・工事区間走行時間
- ・各運転モード別走行時間

2) 走行速度

- ・名目速度：全区間長／全走行時間
- ・実速度：全区間長／実走行時間
- ・工事区間平均走行速度

3) 遅れ時間

- ・定常遅れ：工事が無い時の走行時間との較差
- ・停止遅れ
- ・発進遅れ
- ・制動遅れ

4) 行列長

- ・平均行列長
- ・最大行列長

これらの評価指標は、車種や最大速度、最大加減速度、最小車頭間隔等の基本的な属性情報、あるいは加速度、速度、および位置の時刻歴データとともにテキスト形式によって出力され後の統計的解析に利用される。

3. 交通流観測

1) 観測場所 工事区間における、交通流の基礎データを得るために、2カ所の工事区間において交通流観測を行った。1つ目は、滋賀県草津市内の一般国道で工事区間長は55m、2つめは、埼玉県草加市の一般国道で工事区間長は80mである。ともに2車線であり、工事区間中では、フラッグマンによる、片側交互通行規制が実施されていた。観測はビデオによって撮影された。

2) ビデオ解析 撮影したビデオに、タイムコードジェネレータ・リーダーによって1/30秒毎の時間を挿入した。その後、解析に必要な2ヶ所にチェックラインを設け、そこを通過した時間と位置座標により、工事区間速度、自由走行速度（工事が行われていない時の速度）、発進遅れ、到着車頭時間間隔、発進車頭間隔、遅れ時間のデータをとった。位置座標については、1秒ごとにマウスでクリックした画面座標を実際の座標に変換した。また変換には、変位修正法を用いた。

3) 観測結果 図2は、草加市における、工事が行われていない区間（自由区間）と工事区間（80m）における走行速度を比較したものである。走行速度は工事区間よりも自由区間の方がやや速く、ばらつきも大きい。また図3は、草津市（工事区間55m）と草加市（工事区間80m）での工事区間における発進加速度を比較したものである。発進加速度は、工事区間が長い方が加速度が大きい傾向にあるといえる。図4は、発進時にチェックラインを横切る車頭間隔を表わしたものである。発進車頭間隔は待ち行列の位置によってあまり変わらない傾向となっているが、これはサンプル数が少ないことと、チェックラインをフラッグマンの位置に設定したため、実際の停止線と若干離れていたためと思われる。

自由区間と工事区間の走行速度

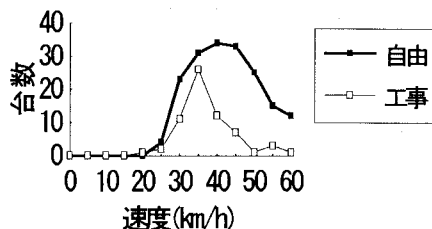


図2 自由区間と工事区間の走行速度

発進加速度

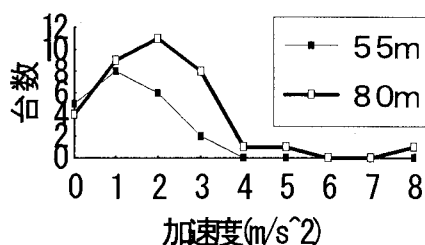


図3 工事区間長と発進加速度

発進車頭間隔

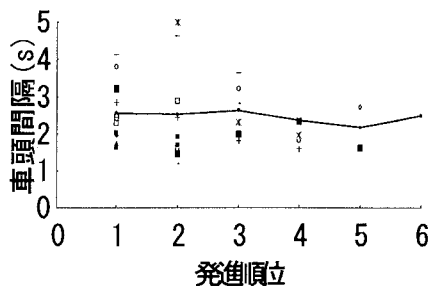


図4 発進時の車頭間隔分布

4. 解析結果

上記のシミュレーションプログラムを用いて工事区間による各種遅れ時間を求めた。信号の青時間は両方向とも30秒とし、制御方式は定時方式を用いた。自由走行平均速度と工事区間平均速度は観測値より得た。

1) **遅れ時間と交通量** 工事区間長を60mに固定して到着車頭時間を10秒(360台/時)から3秒(1200台/時)まで変化させた遅れ時間の分布を図5に示す。発進時の遅れは交通量に比例して増加している。制動遅れは交通量による違いはあまり認められなかった。定常遅れは、交通量が大きくなると若干減少する傾向にある。一方、停止遅れは交通量が720台/時間以上では比例関係にあるが、720台/時間未満では増加している。ここでは青信号時間を30秒固定としてあるため、一定の交通量以下では信号待ちの行列の全ての車両が工事区間を通過する時間に対して、青信号時間が不必要に長くなったためと思われる。そのため車両の到着に応じて青信号時間の途中打ち切り及び延長を行う必要性があり、感應方式の信号制御機能をシミュレーションに加えた。

2) 遅れ時間と工事区間長

到着車頭時間を5秒(720台/時)に固定して工事区間長を30mから120mまで変化させた時の遅れを図6に示す。工事区間長の増大と共に遅れ時間の計算値は大きくなる。一般に工事区間長と遅れ時間は比例関係にあり、プログラムがうまく機能していると言える。ここでも制動遅れと発進遅れはあまり変化していない。一方、定常遅れは工事区間長の増大と共に大きくなっている。これは、工事区間長が長くなると定常走行速度は自由走行速度に近づくが、定常走行時間はそれ以上に大きくなるからであると考えられる。

5. **まとめ** 工事区間におけるシミュレーションプログラムの開発を行った。その中で用いられているパラメーターの検証等は今後の課題として残されている。

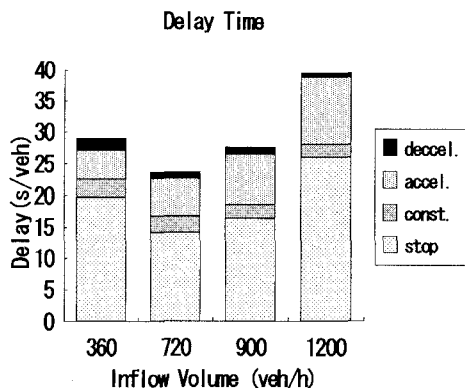


図5 遅れ時間と流入交通量

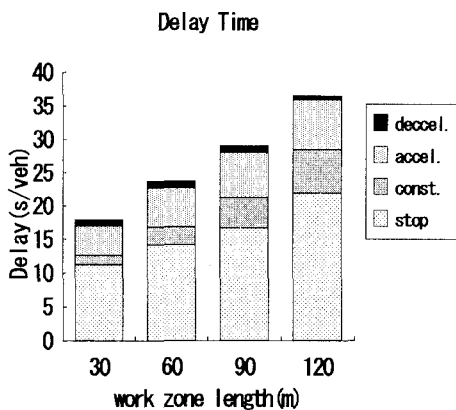


図6 遅れ時間と工事区間長

参考文献

- 1) M. J. 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) A. Ceder ;Traffic Control (at Alternate One-Way Sections) during Lane Closure Periods of a Two-Way Highway, Proc. 11th I. S. T. T. T, pp551-567, 1991