

④ 予防安全支援システム効果評価シミュレータ (ASSESS) のための交通流生成手法の高度化

交通システム研究領域 ※青木義郎

自動車安全研究領域 関根道昭、田中信壽、森田和元、高木俊介（現 自動車審査部）

1. はじめに

我が国では自動車事故に関し平成 30 年を目処に交通事故死者数を 2,500 人以下とする政府目標を掲げ、安全対策の推進を図っている。こうした目標達成のために安全対策に関して効率的な評価が望まれている。

当所でも車両安全対策の評価を行うため予防安全支援システム効果評価シミュレータ (ASSESS) の開発を進めている。ASSESS は、長期間における事故率算定を行うために実交通流データをそのまま用いた評価は出来ず、実測値をパラメータとして設定し、それに基づき確率的に交通流を発生させる必要がある。

こうしたことから前報¹⁾においては、選定した交差点の交通流調査を行い、そのデータに基づき交通流を発生させる手法について検討を行ったところ、周辺の信号交差点の交通流測定が必要になることが明らかになった。そこで今回は、対象となる交差点だけでなく周辺部の交通流の測定調査を実施した。その測定結果に基づき交通流発生モデルを構築し、その車両発生統計分布が実交通と整合するか検証を行った。

2. 定点観測測定方法

平成 18 年における死傷事故の調査結果によると交通事故のうち、死亡・重傷事故件数でみると出会い頭事故 (26.5%) が最も多いことが明らかになった。また交通事故総合分析センターが出会い頭事故に典型的な交差点の条件を調査したところ、以下のような特徴が明らかになった²⁾ (図 1 参照)。

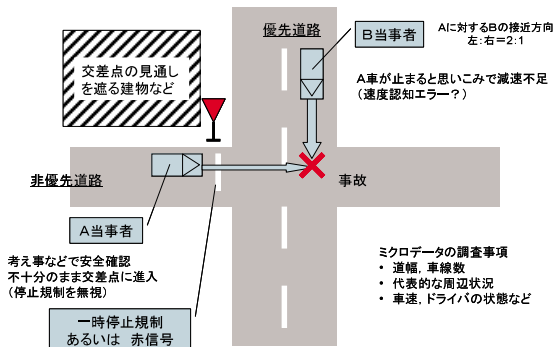


図 1 事故が起りやすい交差点

- (1) 信号機がない十字交差点
- (2) 主流側道路は双方向 2 車線、従流側道路は 1 車線
- (3) 見通しが悪い

本研究では死傷事故が特に多い交差点内でのシミュレーション評価を目指し、これらの条件を満たす交差点を選定し、交通流調査を実施することとした。

2. 1. 交差点選定場所

一般的に出会い頭事故が起りやすいと言われる信号なし十字路交差点について交通量の多い箇所を調査し、図 2 に示す交差点を今回の交通流シミュレーションモデルに選定した。

- ・ 交差主流側：都道双方向 2 車線 (横断歩道あり)
- ・ 交差従流側：一般道路 1 車線
- ・ その他：信号及びミラー無し

なお、主流側の車道幅は 7m (片側 3.5m)、従流側の車道幅は 5.2m であった。

選定したモデル交差点及びその隣接信号交差点 (図 3 参照) での定点観測を日中交通量の多い時間帯に行い、交通流の解析を行うものとした。

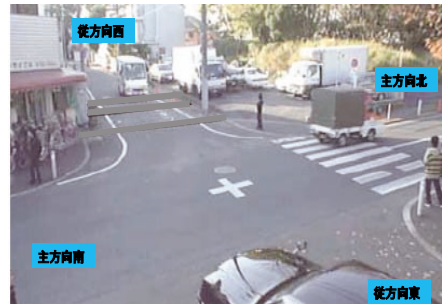


図 2 モデル交差点近景



図 3 測定交差点

2. 2. 測定方法

測定方法は以下の3通りである。

- (1) ビデオカメラによる計測
- (2) トラフィックカウンター（赤外線センサーを利用した交通流計測装置）による計測
- (3) 調査員による目視確認



(a)ビデオカメラ計測 (b)トラフィックカウンター計測

図4 交通流計測方法

3. 定点観測測定結果

今回の定点観測では、環境モデルのパラメータの設定に必要となる隣接する信号交差点の影響を調べるため、信号交差点から信号のない交差点（モデル交差点）に流入してくる車両の交通流測定を主に行った。その結果を以下に示す。

3. 1. モデル交差点への流入量

隣接する信号交差点からモデル交差点に流入する交通量（測定時間 12 時間）の分布を図5に示す。信号交差点を直進してモデル交差点に入ってくる割合が、北側の場合は 0.92、南側の場合は 0.85 と高いことが示されている。

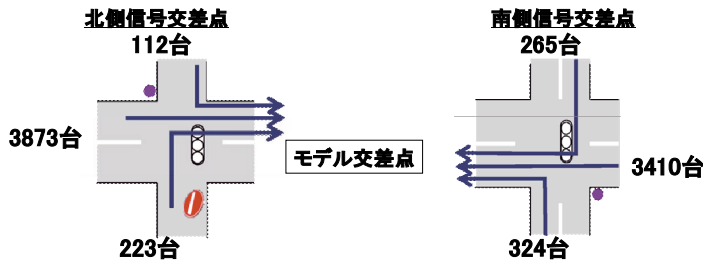


図5 信号交差点からモデル交差点に流入する交通量

3. 2. 信号待ちする車両の車頭時間

図5に示す信号交差点からモデル交差点に流入してくる車両のうち、信号交差点で赤信号により信号待ちを行った車両についてのみ抽出し、その信号交差点出口での車頭時間を求めた。その結果を図6に示す。

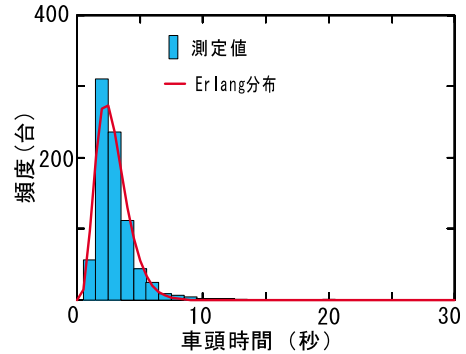
信号交差点を直進してくるケース (a) では、短い車頭時間に集中するのに対し、右左折するケース (b) では比較的幅広く分布することが示されている。

これらの結果と (1) 式の Erlang 分布式により求められる車頭時間分布とをマッチングしたところ非常に良く整合することが明らかになった。なお“信号待ち車両の平均車頭時間”は、信号交差点直進する場合 2.9 秒 (k=5)、右左折の場合 5 秒 (k=2) と設定した。

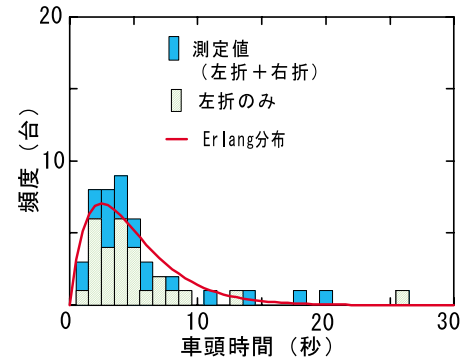
$$f(t) = \frac{(k \times \lambda)^k}{(k-1)!} t^{k-1} \exp^{-k \times \lambda \times t} \quad (1)$$

t : 車頭時間 λ : 平均到着率 (台/秒)

k : 形状母数 (k=1 のとき指数関数)



(a)直進



(b)右左折

図6 赤色停止信号待ちする車両の車頭時間

4. 交通流発生シミュレーションへの活用

19 年度実施したモデル交差点の定点観測結果（交通密度、速度分布、相対速度分布（図7参照）、挙動など）及び今回実施した信号交差点の定点観測結果に基づき ASSESS に必要な交通流初期値を発生させるためのモデル構築を図る（図8）。主流側道路及び従流側道路におけるシミュレーションは、実交通流の確率密度分布に基づき交通流を発生させるものとする。

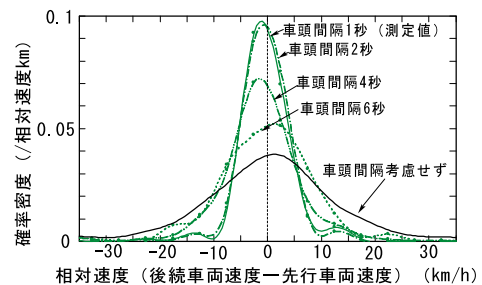


図7 相対車両走行速度

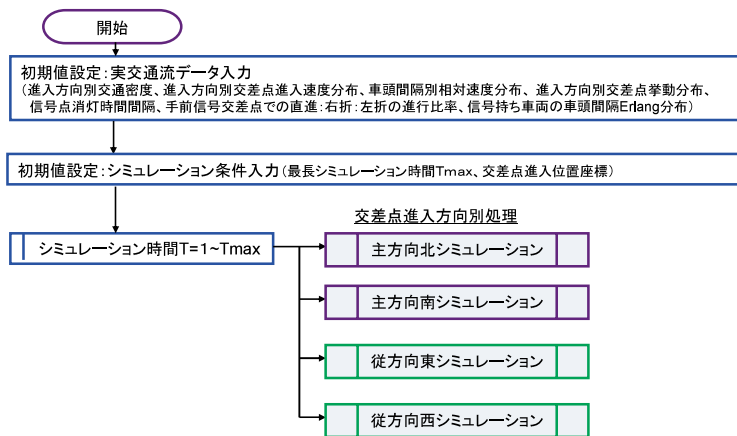


図8 車両発生プログラムフロー

4. 1. 車両の発生

シミュレーションの実行には車頭時間や交通密度(時間当たりの交通量)に従い、交通流を発生させることが必要である。一般的には以下のような到着パターンが使用されている³⁾。

1) ランダムな車両の到着

高速道路のような場合には、交通密度が少なく独立走行している条件でランダム到着を仮定すれば、車頭時間は理論上指数分布に従う。交通密度が多くなると独立な走行の前提が崩れ正規分布に近づき、その中間がErlang分布⁴⁾に従うとされる。

2) 一定間隔で車両が到着

ボトルネックにより整流を受けたことを想定した場合、車頭時間は一様分布する。

3) 車群がある間隔で到着

隣接信号交差点の影響により車群がある間隔で発生する。

主流道路北の車頭時間を、交通密度に基づき指数分布により求めた場合の計算値と、Erlang分布により求めた場合の計算値を図9に示す。図6においては信号待ちする車両の車頭時間は、Erlang分布によく整合するにもかかわらず、図9における信号待ちおよび信号待ちしなかった車両全体の車頭時間の測定値はErlang分布と整合しないことが示されている。測定値が計算値と異なり車頭時間が偏る理由としては、車頭時間2~4秒の領域においては、隣接する信号交差点で信号待ちする車両の影響を受け、それ以上の車頭時間については信号待ち無しでランダムに進入してくる車両の影響を受けたためと考えられる。

今回のような一般街路の信号のない交差点を対象とする場合、上記の1) 3) を考慮し、今回の交差点

に適した到着モデルを作成していく必要があると考えられる。

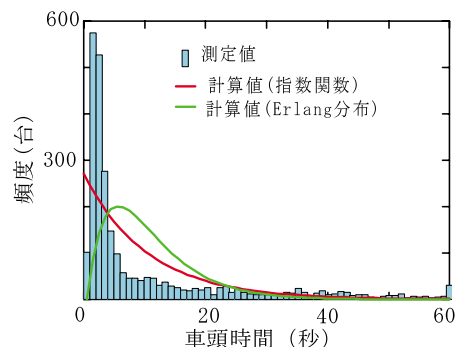


図9 車頭間隔の測定値と計算値との比較

4. 2. 主流側の交通流発生手順

本研究では、隣接する信号交差点での信号待ちする車両の影響を考慮して、以下(①~②)の手順で交通流を発生させることとした(図10参照)。

- ① 交通密度(測定データ)に基づく車両ランダム発生
- ② 手前信号の影響を考慮した車頭時間の修正
(信号待ち後縦列走行の車頭時間はErlang分布とする)

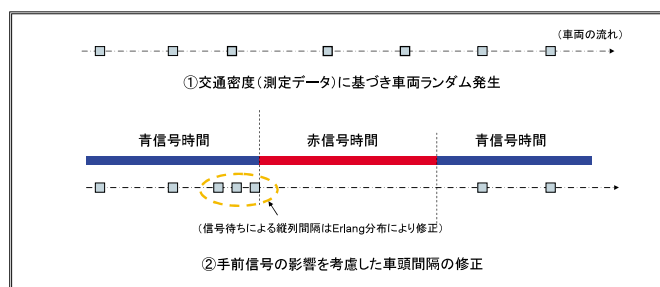


図10 主方向側の交通流発生

4. 3. 車頭時間シミュレーション解析結果

プログラムにより生成された交通流の車頭時間が実交通流と整合するか検証を行った。その結果を図11に示す。シミュレーション条件設定は実測値に基づき、以下のように行った。

- ・信号交差点挙動
 - (北側信号交差点) “直進車両数比率=0.92
 - (南側信号交差点) “直進車両数比率=0.85
- ・信号周期(青黄赤時間): 70秒
- ・信号待ち車両の平均車頭時間
 - (信号交差点直進の場合) 2.9秒 (k=5)
 - (信号交差点右左折の場合) 5秒 (k=2)

この結果、今回の手法により発生された主流側交通流の車頭時間はシミュレーション計算値と測定値は良く整合することが示されている。

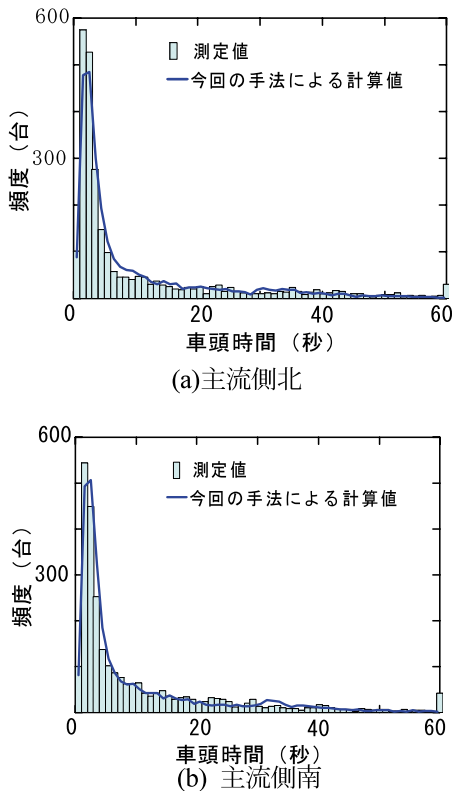


図11 定点観測測定値と車両発生プログラムにより生成された交通流の車頭間隔

4. 4. 交差点ニアミス率の検証

環境モデルにより生成した交通流に関して、別方向から進入する車両の位置関係が実交通流と整合するかどうか検証を行うため、別方向から同時期(±1秒)に交差点へ進入してくる(図12参照)回数を定点観測測定値及びシミュレーション結果からそれぞれ求めた。その結果を表1に示す。測定値及びシミュレーション結果はよく一致している。

図9及び表1の結果から、交差点入口での交通流は今回の車両発生プログラムにより実態に近いものが生成できるものと推測される。

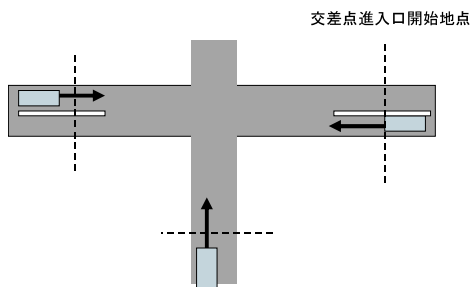


図12 別方向から同時期に進入する車両

表1 別方向から同時期に交差点へ進入してくる回数

(a) 測定値				
	主方向北	主方向南	従方向東	従方向西
主方向北	◆	503	57	16
主方向南	498	◆	36	13
従方向東	50	34	◆	1
従方向西	15	12	1	◆

(b) シミュレーション計算値				
	主方向北	主方向南	従方向東	従方向西
主方向北	◆	484	62	18
主方向南	487	◆	59	12
従方向東	57	54	◆	1
従方向西	15	11	1	◆

注)表中の“東西南北”は交差点に進入してくる方向

(数字は、左段方向から上段方向を見たときに同時車両がある回数)

5. まとめ

この研究では、予防安全支援システム効果評価シミュレータ (ASSESS) の開発に必要な交通流データの測定を行い、そのデータに基づき交通流の初期値を発生させる手法について検討を行った。その結果、手前の信号待ちの影響を考慮することにより、車頭時間や交差点での車両接近回数などのシミュレーション精度が向上し、実交通流との整合性が良くなることが明らかになった。

今後は、さらに日中だけでなく夜間についても交通流測定を実施するとともに、歩行者の交通流発生手法についても検討しモデルの拡大を目指す。また今回の交通流発生プログラムをその他のモデルと組み合わせた ASSESS により各種予防安全支援システムの評価を実施していく。

<参考文献>

- (1)青木義郎、高木俊介、関根道昭、田中信壽、森田和元：予防安全支援システム効果評価シミュレータ (ASSESS)における交通流解析と生成手法、交通研フォーラム2008、pp.119-120 (2008)
- (2) (財) 交通事故総合分析センター：出会い頭事故に係わるヒューマンエラーの分析、交通事故例調査・分析報告書 (平成19年度報告書)、pp.32-37(2008)
- (3) (社) 交通工学研究会 交通シミュレーション自主研究委員会、交通流シミュレーションの標準検証プロセス Verification マニュアル (案)、平成14年6月 <http://www.jste.or.jp/sim/manuals/VfyMan.pdf>
- (4) (財) 省エネルギーセンター、燃料消費効率化改善に関する調査報告書 (平成8年度)