

画像データに基づく交通コンフリクトシミュレーションに関する研究

A Study on Simulation Model of Traffic Conflict Based on Vehicular Data Extracted from Video Image

安原真史*・宇野伸宏**・飯田恭敬***

By Shinji YASUHARA*, Nobuhiro UNO** and Yasunori IIDA***

1. はじめに

近年、自動車交通の一層の普及に伴い、渋滞、交通事故、環境負荷の増大等の道路交通問題がより深刻化してきている。とりわけ交通事故の問題は看過できぬ問題である。我が国においても年間 8000 人前後の人命が失われており、交通事故の予防方策の検討・実施は緊要なる課題である。これらの予防方策の検討・立案のためには、走行支援道路システム（AHS）を含む交通安全施策の導入が交通状況に与える影響を、交通流の安全性・効率性の観点から予測可能な工学的ツールが必要となる。

そこで、本研究では車両間コンフリクトを明示的に考慮したマイクロシミュレーションモデル（交通コンフリクトシミュレータ）の構築を試みる。交通流動のビデオ観測データに基づく、車両走行挙動の解析・車両間コンフリクトの分析結果¹⁾²⁾を踏まえて、マイクロ交通シミュレーションモデルを構築し、これを活用して道路交通安全分析に関するケーススタディを行う。走行支援システムに期待される効果として、「操作支援」を念頭においた「反応遅れ時間の削減」、「車両挙動の均質化」などに着目し、客観的コンフリクト指標などを用いて、特に交通流の安全性の観点から走行支援システムの導入効果を検討する。

2. 車両挙動データの取得

本研究では、京都市山科区奈良野町の国道 1 号と国道 161 号の結節点付近（図-1）の車両挙動データを活用する。図-1 の区間では上流側で国道 1 号と国

道 161 号とが合流し、下流側となる京都市側では国道 1 号から京都市内の三条通に至る府道 143 号線、名神高速京都東 IC へのアクセス路が分岐している。当該区間の交通流動を記録したビデオより画像処理の考え方を活用して、車両挙動データを抽出した。

この区間の特徴は交通量が多いこと、速度差が大きい密な車群の遭遇機会が多いこと、目的地に応じた車線変更が必須となる車両が多数存在することである。これらの複合的な要因により、対象道路区間では、交通コンフリクト(交通錯綜)が多発している。

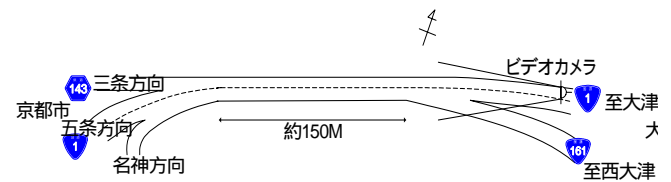


図-1 対象道路区間概要

3. 交通コンフリクトシミュレータの概要

(1) シミュレータの構成

本シミュレータに求められる特徴としては、時々刻々と変化する車両の位置や速度の記述が可能であり、周辺車両との関係を認知し、車両の挙動に反映させるモデルが構築されていること、安全性や効率性を評価する指標の出力が可能であることが前提となる。そのため、図-2 に示すように車両が現在走行している道路区間(車線)を基準として、「1.合流車線走行モード」、「2.合流走行モード」、「3.第 1 車線走行モード」、「4.車線変更走行モード」、「5.第 2 車線走行モード」の 5 つの走行モードに分類し、走行モード毎に車両挙動のモデル化・ルール化を試みた。そして、各車両は、時々刻々の自車の走行モードを認識し、走行モードごとに用意されたアルゴリズム（サブモデル）に従って、次タイムステップの加減速度や車線変更の開始などを決定するものとした。各走

Keywords: 交通流, 交通安全, ITS, コンフリクト分析

* 正員 修士(工) 日産自動車(株)先行車両開発本部

**正員 博士(工) 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻
(〒606-8501 京都市左京区吉田本町, Tel: 075-753-5125, FAX: 075-753-5907)

*** 正員 工博 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻

行モードで取り扱うべき、ドライバーの意思決定・車両挙動の概略を、図-3 に示す走行モード別のフローチャートの形で整理する。

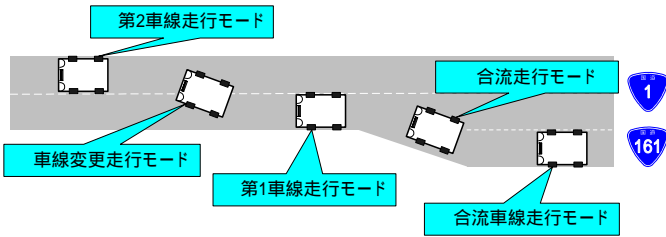


図-2 車両の走行モード

(2) 走行モード毎の記述内容

本研究では、府道 143 号線に向かう交通が行う義務的車線変更により生じる交通コンフリクトに、特に着目してマイクロシミュレーションモデルを構築する。そのため、第 1 車線走行モード、車線変更走行モード、第 2 車線走行モードについては、でき得る範囲でビデオ観測から得た実測データに基づき、ルール抽出・モデル構築を行うこととし、合流車線走行モードならびに合流走行モードについては、他のモードで構築したモデルで走行挙動の表現を代用する、あるいは、非常に簡略化したモデル表現を採用している。以下では、a)第 1 車線走行モード、b)車線変更走行モード、c)第 2 車線走行モードの各モード

ドにおいて対象とする、車両挙動・ドライバーの意思決定について主として述べる。

a) 第 1 車線走行モード

第 1 車線走行モードにある車両の挙動は、車線変更開始決定モデル、合流車受入モデル、追従走行モデル等のサブモデルにより記述する。車線変更開始決定モデルは、受入車線前方走行車・後方走行車との車間距離・相対速度を説明変数として、第 1 車線から第 2 車線への車線変更開始タイミングを表すルールベースモデルとして設定している。

合流車受入モデルは、自車の影響範囲内に合流車線走行モード・合流走行モードの車両がある場合に、その車両を自車の前方に受け入れるか否かを決定するとともに、合流車を前方に受け入れる際の速度調整プロセスを記述する。現状では、簡単のために第 1 車線走行モードの車両が合流車を加速して避走する、いわゆる先行避走挙動は考慮していない。そこで、合流車線走行モードの車両が合流を開始すれば、第 1 車線走行モードの車両は、その合流車を無条件で自車の前方に受け入れると仮定している。

追従走行モデルは、第 1 車線走行モードである車両が、同一車線上を先行する車両に追従して走行する挙動を表現するものであり、ここでは、前車との相対速度を刺激（説明変数）とし、刺激に対する感

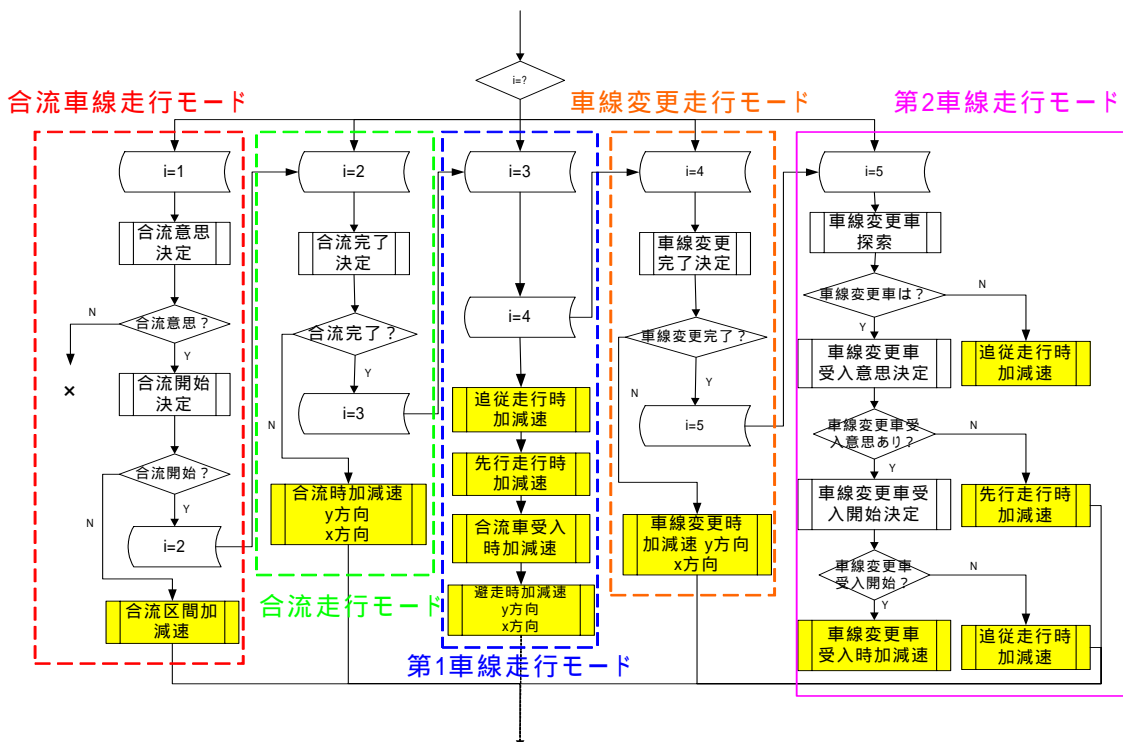


図-3 走行モード別フローチャート

度が車間距離に応じて変化するGMの追従モデルを利用した²⁾。

b) 車線変更走行モード

本研究で主として着目しているコンフリクトは、車線変更車と第2車線走行モードにある車両との錯綜である。そのため、車線変更走行モードにある車両の走行挙動を表す車線変更時加減速モデル（進行方向ならびに車線横断方向）は、シミュレーション上でコンフリクトを表現するために、重要な役割を担っていると言える。進行方向に関する車線変更時加減速モデルは、車線横断方向の受入車線前方走行車との距離・受入前方車および受入後方車とのPICUDを説明変数とするファジィ推論モデルとして構築した。詳細は参考文献2)を参照して頂きたい。車線横断方向の速度調整に関しては、本研究では簡単のため一定割合で移動して、第2車線中央に到達した時点で横断方向の移動は終了すると仮定した。

c) 第2車線走行モード

第2車線走行モードの車両挙動を表すモデルは、車線変更車受入決定モデル、車線変更車受入時加減速モデル、そして第1車線走行モード同様にGMモデルの考え方を利用した追従走行モデル等から構成される。第2車線走行モードの車両について、現時点では車線変更時の先行避走は考慮していないので、車線変更車受入決定モデルについても、第1車線走行モードにおける合流車受入モデルと同様に、車線変更走行モードの車両が自車の前方直近にある場合は無条件で車線変更車を受け入れると仮定する。

車線変更車受入時加減速モデルとしては、先行研究で車線変更車との（進行方向の）相対速度、車尾時間ならびに加速度の変化率を説明変数とするファジィ推論モデルとして構築したものを活用する¹⁾。

4. コンフリクト再現性の確認

構築したシミュレーションモデルが、どの程度現実の交通状況・コンフリクト状況を再現しているかを、対象区間終端部での速度分布、最小PICUD¹⁾の累積頻度分布といったマクロ指標を用いて、観測値との比較を通して検証し、コンフリクトシミュレータの性能について検討する。なおシミュレーションのスキニングインターバルは0.25秒、現況再現ケ

ースの車両の反応時間は0.50秒とする。

(1) 速度分布による再現性の確認

図-4は対象区間終端部での速度分布について、観測データとシミュレーション値を比較した結果である。図中、速度補正後とあるのは、シミュレーションでの合流車の速度が一般的に低く、速度補正前の速度分布よりも明らかなように、第1走行車線の速度も観測値より低くなったため、この全体的な速度低下を防止することを目的に、車線ごとに希望速度を設定し、速度補正を行ったシミュレーション結果を表す。終端部での速度分布を観測データと補正後のシミュレーション結果で比較すると、速度の分布範囲はおおよそ一致しており、概ね観測結果を再現できていると考えられる。

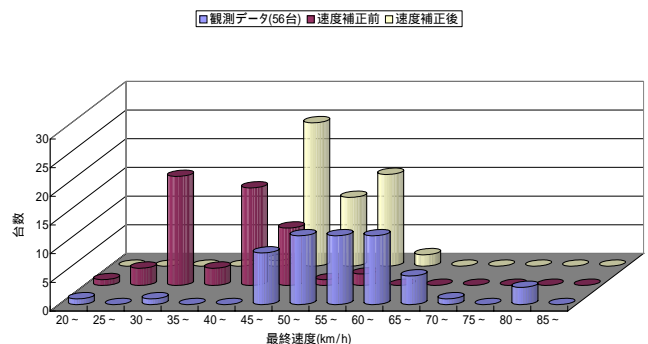


図-4 終端部での速度分布

(2) コンフリクト指標による再現性の確認

先行車の速度が後続車より多少高くても両車の距離が小さければ、先行車の急減速により衝突する危険性が考えられる。この種の危なさを考慮した評価指標がPICUD（Possibility Index for Collision with Urgent Deceleration、急減速時追突危険性指標）である。先行車が仮に急減速を行う場合に、後続車が反応遅れ後に急減速して、両車が相対的な最終停止位置を表す指標である。

追従走行挙動については、前述の通りGMの追従モデル(Gazis・Hermanモデル)を利用しているが、その感度の調整、ならびに、車線変更開始決定モデルでの基準線切片といったパラメータの調整を行った。交通流としてのコンフリクト程度を表す最小PICUDの累積分布について、観測データとシミュレーション結果とを比較した結果を図-5に示す。感

度，基準線切片 については，ドライバー特性の多様性を表すものとの捉え方もあり，ドライバーの判断の多様性を加味すると解釈し，乱数を用いてこれらの値を設定する．図-5より，ドライバー特性の差異を考慮し，乱数を用いてパラメータ ， の設定する方が，交通コンフリクトの発生状況から見ればより実現象に近いと判断され，妥当なシミュレーション結果が得られていると考えられる．

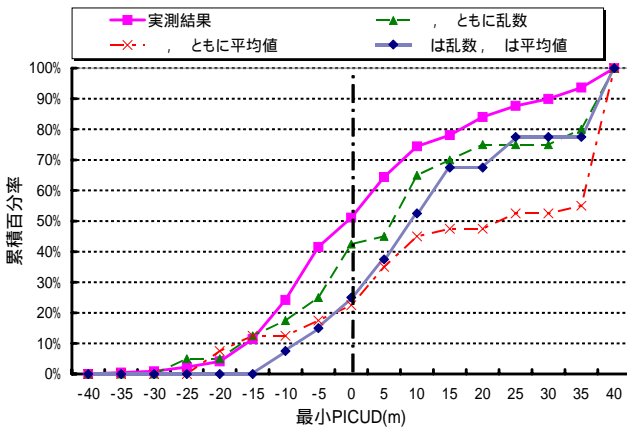


図-5 最小 PICUD の累積頻度分布(パラメータ調整)

5. AHS 導入を想定したケーススタディ

(1) 反応時間の短縮とコンフリクト

走行支援システム(AHS)の導入に伴い，車両の反応時間が短縮されたと想定した場合について，安全性向上の可能性があるか否かをシミュレーションにより検討する．ここでは車両の到着間隔ならびに流入・流出車線の観測値に基づき，乱数を発生させて340台分の車両を生成し，この車両を対象にシミュレーションを行う．車両の反応時間を変化させた場合の最小 PICUD の累積頻度分布を図-6 に示す．

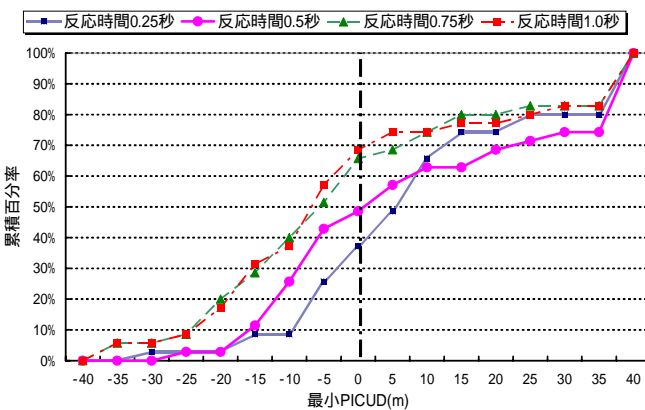


図-6 最小 PICUD の累積頻度分布(反応時間短縮効果)

反応時間が短いケースの方が，相対的に PICUD が 0m 以下の車両割合が小さくなる傾向が見取れる．これより，反応時間短縮による安全性の向上の可能性が示唆されている．

(2) 走行挙動の均質化とコンフリクト

前出の図-5を用いて，車両走行挙動の均質化と車両間コンフリクトの関係について考察する．図-5より明らかであるが，車線変更開始に関する意思決定の多様性を表すとして，を乱数で与えたケースと，を各車両について一定とし，観測結果の平均値で与えたケースを比較すると，最小 PICUD が 0(m)以下の割合について，後者の方が相対的に小さくなる傾向にある．すなわち，車線変更開始に伴うドライバーの判断のバラツキが小さくなることにより，コンフリクトが減少する可能性が示唆されている．

6. おわりに

本研究では，一般道織込み部を撮影したビデオデータから取得した車両挙動データを用いて，車両挙動のモデル化を試み，それらを統合してコンフリクトシミュレータを構築した．そして，シミュレータの現況再現性の検証を行い，反応時間短縮ならびに車両走行挙動の均質化に伴い交通流の安全性が向上する可能性を示唆した．

今後の研究課題として，観測結果に基づき構築した合流部の車両挙動モデルを組み込み，より再現性の高いモデルとすること，そして，走行支援システム導入効果を安全性と効率性の両面において確認することが必要と考えられる．

【謝辞】 本研究の遂行に際しては，土木学会 ITS 社会に向けた交通事故分析に関する研究小委員会より多大なるご支援を頂戴した．シミュレーションモデル構築に際しては，金沢大学工学部高山純一先生・中山晶一郎先生から有益なご示唆を頂戴した．記して謝意を表します．

【参考文献】

- 1) 宇野伸宏・飯田恭敬・安原真史・菅沼真澄：一般道織込み部における客観的コンフリクト分析と速度調整モデルの構築，土木計画学研究・論文集 vol.20，pp.989-996，2003
- 2) 菅沼真澄・宇野伸宏・飯田恭敬：車線変更時のコンフリクトを考慮した速度調整モデルの構築，土木計画学研究・講演集，Vol.28，CD-ROM，2003