

# 15. 予防安全対策技術の効果評価のための交通事故

## 発生シミュレーションプログラムの開発概要

自動車安全研究領域 ※森田和元, 廣瀬敏也, 関根道昭, 長谷川智紀,  
松島和男, 田中信壽, 高木俊介  
交通システム研究領域 青木義郎, 塚田由紀

### 1. まえがき

自動車の交通事故に関し、政府は年間の 24 時間死者数を 2010 年までに 5,500 人以下にし、また年間の死傷者数を 100 万人以下とすることを目指している<sup>(1)</sup>。この目標を達成するためには、効果的・効率的な車両安全対策を実施する必要がある、安全性向上に有効な支援システムについては早急に市場に普及させることが望ましい。そのためには、様々な支援システムに関して、その支援システムを搭載することにより事故がどの程度低減されるのかについて客観的に評価する必要がある、本稿では、その評価手法として当研究所において開発中の交通事故発生シミュレーションプログラムの概要について紹介する。なお、本研究は国土交通省からの受託調査として実施しているものである。

### 2. 開発にあたっての考慮点

支援システムに関しては、大きく分けて衝突時の被害を最小限に抑えるための被害軽減システムと、事故発生を未然に予防するための予防安全システムとがある。衝突時における被害軽減システムに関しては、事故が発生した後の技術であるので事故データそのものを取り扱うことが可能である。すなわち、事故時の乗員の被害程度を統計的に比較することによってその効果を推定することが可能となる。

一方、予防安全システムに関しては、事故の発生そのものをなくするという技術であるので、効果のある場合には事故が発生しないため、事故データを基にして推定する方法は容易ではない。

しかしながら、この事故分析による方法として、一つには、ドライブレコーダあるいは EDR(Event Data Recorder)による記録を解析して、事故に至った場合あるいは事故になりかけた場合の支援システムの動作状況により事例ごとにその効果を推定する方法が考えられる。この方法によると、個別の事例の推定は詳細に可能であるものの、全体としての効果予測をするためには数多くのデータを解析する必

要がある。

また、単一の事例からではなく、多数の事例データを基にして統計的に解析する方法がある<sup>(2)</sup>。支援システムの装着の有無に関連して事故発生率がどのように変化するかという解析方法である。特に、事故低減の可能性を有する因子を疫学的に推定するというロジスティック回帰モデルによる方法がある<sup>(3,4)</sup>。この手法は、支援システム装着の有無ごとに事故件数を計数して表 1 の 2 × 2 分割表 (2 × 2 Contingency Table) を作成し、オッズ比を求めることを利用する<sup>(3)</sup>。

表 1 について求めると、支援システムの効果に関しては、

$$\text{効果(\%)} = \{1 - [(d/c)/(b/a)]\} * 100$$

で表すことが可能となる<sup>(4)</sup>。この方法は統計的な推計であり、事故データと支援システム搭載有無との関係を示すデータを数多く入手する必要がある。

表 1 2 × 2 分割表

事故種類	装置非装着車	装置装着車	小計
コントロール群 (装置と関連しない事故)	a	b	a+b
反応群 (装置と関連する事故)	c	d	c+d
小計	a+c	b+d	a+b+c+d=N

今回行おうとしている手法は、直接、事故データに基づくものではなく、個別の予防安全システムの機能を有する車両を計算機内で仮想に走行させて、事故発生状況を再現するものである。すなわち、モンテカルロシミュレーション法により長時間の交通流を発生させて、そのときの支援システムの搭載有無の車両について事故発生件数等の比較を行い、その効果予測を行うことを狙うものである。ここで、

予防安全システムの評価にあたっては、ドライバ、自動車、道路・環境の要因が複雑に関係しているので、それらを適切に模擬するシミュレーションプログラムが必要となり(5,6,7)、そのために、実際の交通流のデータを基にして、個別の支援システムの機能を模擬できるシミュレーションプログラムを開発している。

この手法は、支援システムの機能を含んだ車両を仮想的に走行させることにより、事故に至る可能性を推測するものであり、必ずしも市場に普及していない支援システムについても評価できることに特徴がある。また、ドライバの特性についても変更が可能であるので、ある特性を持ったドライバ群について事故の発生状況を予測することも可能である。

### 3. シミュレーションプログラムの構成

#### 3. 1 対象とする事故

シミュレーションを行うにあたり、すべての事故を対象とすることが望ましいが、特に対象となる事故形態を考える方が効果的である。そのための事故分析(平成18年データ)を行った結果、

(1) 交通事故の事故件数(886,864件)のうち、車両相互の件数が多い(85.8%) (図1)

(2) 事故類型別では追突事故(32.0%)と出会い頭事故(26.3%)が多い (図1)

(3) 死亡・重傷事故件数でみると出会い頭事故(26.5%)が多く、追突事故は少ない(6.8%) (図2) という特徴が得られた(8)。したがって、死亡・重傷事故件数の多い出会い頭事故が再現されるようなシミュレーションプログラムとなるように設計することとした。

次に、出会い頭事故の詳細について調査したところ、典型的な事故としては以下のような特徴があることが明らかとなった。

- (1) 十字交差点
- (2) 信号機がない
- (3) 主流側道路は双方向2車線
- (4) 従流側道路は1車線
- (5) 見通しがよくないこと等

したがって、今回はこのような交差点を計算機の中で再現することとした。

#### 3. 2 対象とする支援システム

最近では数多くの支援システムが車両に搭載されるようになっており、将来的に、それらの支援システムの効果評価が行えるようにする予定である。しかし、シミュレーションプログラムがそのために膨大なものとなるおそれがあるため、基本的な構成に

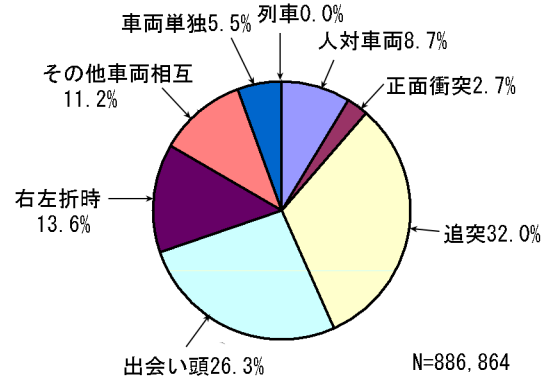


図1 死傷事故件数比率(平成18年)  
(参考文献(8)に基づく)

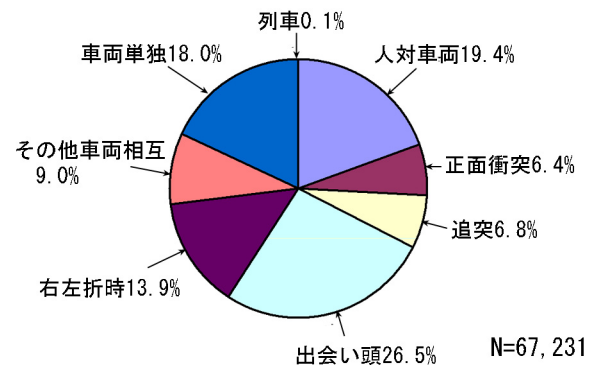


図2 死亡・重傷事故件数比率(平成18年)  
(参考文献(8)に基づく)

おいてはすべての支援システムに対応できるものにして、個別の支援システムに対してはその評価が可能ないようにそれぞれ拡張性を持たせることとした。

今回は、緊急時におけるブレーキペダル踏力の不足を補うブレーキアシストシステム(BA)を評価対象とすることとした。BAの機能は事故発生に直接関係するため、その機能がどの程度事故低減に有効であるかを明らかにすることは重要な課題である。なお、操作に関する支援システム以外の認知判断等に関する支援システムについても、将来実施することが可能なようにプログラムの基本設計を行っている。

#### 3. 3 交通流計測

上記の交差点でのシミュレーションを行うときに、主流側道路及び従流側道路の交通量、車両速度等のデータが必要となる。このために、上記の特徴を有する交差点を選定して交通流調査等を実施することとした。十字交差点については現在調査中であるが、昨年度においてはT字型交差点において交通流調査等を実施しており、本研究フォーラムのポスターセ

セッション No.18 において、その結果を示している。

### 3. 4 車両モデル

計算機内の交差点を自由に走行するためには、仮想的な車両についても前後、左右の運動の自由度があることが望ましい。しかし、そのための考えられる車両の運動の自由度としては、前後方向（x 軸）、左右方向（y 軸）、垂直方向（z 軸）のそれぞれの並進と回転の 6 自由度が必要となる。さらに、タイヤ回転の自由度を考えると 4 自由度が追加されることとなり、計 10 自由度の車両を想定する必要がある。

しかし、本シミュレーションプログラムの目的は、事故低減の効果を評価するためのものであり、車両の運動そのものを忠実に再現するものではない。また複数の車両が出現したときに、計算時間が長くなるおそれがある。今回の対象支援システムが BA であることから前後方向の運動に着目して車両モデルを考えることとした。したがって、今回は、車両の前後の左右輪が等価的に車両の前後軸と車軸との交点にそれぞれ集中している等価二輪車モデル<sup>(9)</sup>とした。また、交差点内において、直進、右左折時の走行コースをあらかじめ設定して、車両はそのコース上を走行するようにした。それにともない、垂直方向の z 軸まわりの回転も省略することとした。この結果、車両の自由度に関しては、前後方向移動の自由度と前後のタイヤの回転の自由度となり、計 3 自由度となった。ここで、タイヤの回転の自由度をいれたのは、今回の対象システムである BA の評価を行う際に、タイヤのスリップを考慮しなければならない可能性があるためである。なお、タイヤの回転を自由度として考えなければ、前後方向の加減速による運動として 1 自由度として考えることも可能であり、計算時間の短縮化を考えるのであればそのようなシミュレーション方法も考えられる。逆に、スタビリティコントロールのような支援システムを対象とするのであれば、自由度を多くする必要がある。なお、今回の車両モデルについては、本研究フォーラムのポスターセッション No.16 において詳細な説明をしている。

### 3. 5 ドライバモデル

交通事故の発生要因として、人的要因としては以下のような分類が行われている<sup>(10)</sup>。

#### (1) 発見の遅れ

- ・前方不注意
- ・安全不確認

#### (2) 判断の誤り等

- ・動静不注視

- ・予測不適

- ・交通環境

#### (3) 操作上の誤り

- ・操作不適

交通事故の発生にはドライバーの要因が大きく関係しており、ヒトはある確率でエラーを起こすものであるという前提で理解する必要がある。したがって、ヒューマンエラーを取り入れることが可能なモデルを構成することとした。このため、ドライバーモデルに関しては、認知部分、判断部分、操作部分の 3 段階からなるモデルとして、それぞれにヒューマンエラーが発生し得るものとした。

ここで、ヒューマンエラーは数多く考えられるが、個々の事故要因をすべて再現できるようにすることは現実的ではない。また、ドライバーに関しては、若年者があり高齢者があり、初心者もいればベテランもいる。また、覚醒状態もあれば居眠りや漫然運転のときもある。このようにヒトの特性は千差万別であるので、シミュレーションにより忠実にその特性を再現することは現実的ではない。このため、ドライバーモデルを作成するにあたり、単純な機能で代表することにより、その中に様々な特性が含まれるように考えた。たとえば、認知部分において数段階のレベルを設定して、そこで認知に関するヒトの特性の差を吸収させることとした。これとは別の考え方として、若年者（あるいは高齢者）の特性を持たせる部分、運転経験の特性を持たせる部分、覚醒状態のレベルを持たせる部分というようにそれぞれをモジュール化してその組み合わせにより、ドライバーの特性を記述する方法も考えられる。すなわち、初心者で覚醒状態の場合、あるいは、ベテランで居眠り状態の場合等の細分化したものの組み合わせを基にしてシミュレーションを行う方法もあり得る。しかし、この方法によると、それぞれの特性の関係を明らかにしなければならず、また、計算そのものも複雑になることが予想され、効率的とはいえないおそれがある。したがって、今回は、認知・判断・操作の部分にドライバーの特性を分割して考え、それ以上の詳細な特性については特に考慮しないこととした。ただし、もし個別の特性（たとえば若年者と高齢者の差異等）について評価する必要が生じた場合には、その対応が可能なように拡張性を持たせることが可能なモデルとした。

今回のシミュレーションにおいては、代表的なヒューマンエラーとして、認知部分においては他車両等の見落としを考えた。判断部分においては、他車

両の速度見積もりのエラー（すなわち、衝突するかどうかの判断エラー）を考えた。操作部分においては、適切な減速度を出すためのブレーキ操作に関して、必要な踏力で踏み込めない等のエラーが発生するモデルを考えた。このドライバモデルの詳細については、本研究フォーラムのポスターセッション No.17 において説明をしているので参考にされたい。

### 3. 6 全体アルゴリズム

シミュレーションの全体アルゴリズムは図3に示すとおりである。各車両は、予め運動を決定されているのではなく、観測された周囲の危険に応じて行動を独自に判断決定するエージェントモデルとした。シミュレーションにあたっては、プログラム起動時に必要なデータを読み込み、道路、交差点等の環境を設定する。シミュレーション開始時に、時々刻々の車両を発生させるための交通流データを作成、保存する。そのときに支援システムの有無、車両速度、進行方向、ドライバの特性等を割り振る。次に、各車両（エージェント）は他車両が見えるかどうかの認知部分、衝突危険性判定の判断部分、操作量算出の操作部分を経て、時間刻みごとの移動量を計算する。これを出現している各車両について実行する。出現している各車両について座標位置が求められたならば、実際に衝突をしているかどうかの衝突判定を行い、通常走行の状態であれば、次の時刻について各車両の移動を繰り返す。その走行記録はリアルタイムデータとして計算機内に蓄積される。この記録データを基にして、事故発生時の状況を後で詳細に検討することが可能となる。

本プログラムでは、上述のようにドライバのエラーが発生するようにドライバモデルを構築しており、その際の支援システムの有無の効果について事故件数、ニアミス件数で評価することとする。

#### 4. まとめ

予防安全支援システムの事故低減に及ぼす効果について予測するためのシミュレーションプログラムについて考え方と概要を紹介した。将来的な拡張性を持たせつつ実行可能なように簡略化したプログラムとなるように現在開発中である。

#### 参考文献

(1) 中央交通安全対策会議「交通安全基本計画 第1部陸上交通の安全」 pp.10-11(2006) <http://www.8.cao.go.jp/koutu/kihon/keikaku8/keikakuall.html>  
 (2) 阿賀正己, 岡田亜起夫「事故データを基にしたシャシー系制御システムの有効性分析」自動車技術会学術講演会前刷集 No.51-03, pp.9-12 (2003)

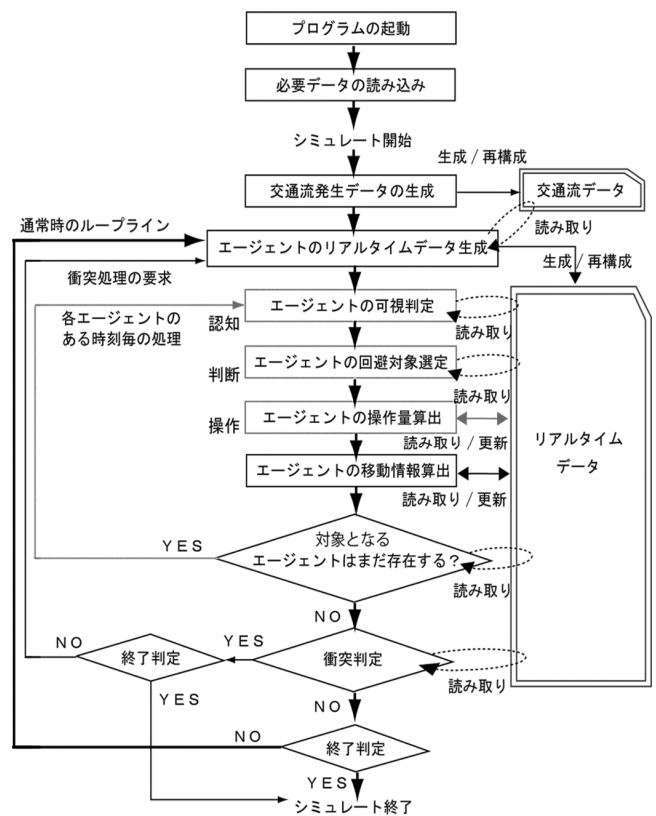


図3 全体アルゴリズムフローチャート

(3) 丹後俊郎ほか「ロジスティック回帰分析」東京、朝倉書店 pp.1-42 (1996)  
 (4) "Statistical Analysis of the Effectiveness of Electronic Stability Control (ESC) Systems", National Highway Traffic Safety Administration, Technical Report (Draft) (2006)  
 (5) 柚原直弘「予防安全性の評価」自動車技術会シンポジウム（進化を続ける予防安全技術）講演概要集, pp.6-16 (2007)  
 (6) 森博子, 岩瀬竜也, 北岡広宣「予防安全システム評価シミュレータ STREET」情報処理学会研究報告, 2007-ITS-29(6), pp.35-42 (2007)  
 (7) 北岡広宣, 岩瀬竜也, 町田貴史, 森博子「予防安全システム評価シミュレータ：STREET：認知・判断モデルの開発」自動車技術会学術講演会前刷集 No.108-07, pp.1-6 (2007)  
 (8) (財) 交通事故総合分析センター「イタルダ・インフォメーション」 No.69, pp3-4 (2007)  
 (9) 阿部正人「自動車の運動と制御」山海堂, p.55 (1992)  
 (10) (財) 交通事故総合分析センター「交通事故例調査・分析報告書（平成18年度報告書）」 p.161 (2007)