

情報提供による事故防止効果に関するシミュレーション分析

Simulation Analysis on the Effects of Traffic Accident Prevention by Providing Information for Drivers

村田 重雄\* Shigeo MURATA  
横地 和彦\*\* Kazuhiko YOKOCHI  
小林 隆明\*\*\* Takaaki KOBAYASHI  
水谷 博之\*\*\*\* Hiroyuki MIZUTANI

1. はじめに

道路交通は今日の社会システムの発展に大きく貢献してきたが、一方、毎年1万人もの交通事故による死亡者が発生しており、大きな社会問題となっている。建設省ではこのような問題を解決する大きな柱として走行支援システム(AHS)の研究開発を推進し、道路交通の安全性の飛躍的向上を目指しているところである。本論文では、走行支援システムによる情報提供サービスの事故防止効果について、シミュレーションを用いて分析をおこなった結果を報告する。

2. 走行支援システムの概要

走行支援システムは、情報通信の先端技術を活用して道路と車とドライバーが様々な情報のやりとりを行って、AHS-i(情報提供)、AHS-c(制御支援)、AHS-a(自動走行)の3つの機能を提供するものである。走行支援システムで提供するサービスは、時間軸、目的、挙動を基に分類し、19コの基本ユーザサービスとして体系化している。さらに、「安全性の向上」を目的とする10個の基本ユーザサービスについて、対応する交通事故の死亡者数ならび損失額を算出して、導入効果が高いと考えられる以下の7つの基本ユーザサービスを優先的に開発を進めるサービスとして設定した。

- ・車線保持(直線)サービス
- ・車線保持(カーブ)サービス
- ・出会い頭衝突防止サービス
- ・横断歩行者衝突防止サービス
- ・障害物衝突防止サービス
- ・右折衝突防止サービス
- ・安全車間保持サービス

3. 情報提供による事故回避効果の分析

日本の交通事故の事故原因を分析してみると、ドライバーの発見の遅れによる事故が約46%、判断と操作の誤りによる事故が約30%、歩行者の飛び出し等のドライバーがさげがたい事故ならびにドライバーの故意による事故が約24%となっている。このうち、ドライバーの発見の遅れによる事故に対しては、AHS-i(情報提供)で、またドライバーの判断と操作の誤りによる事故にはAHS-c(制御支援)で対応可能であると考えられる。情報提供ならびに制御支援が、事故防止にどの程度有効であるかを、走行支援システムの評価ツールとして開発したAHS交通シミュレータを用いた分析によって明らかにすることとした。以下では、情報提供に焦点を絞り、「障害物衝突防止サービス」を例にとって、詳細に分析を行った結果について説明する。分析の手順を図1に示す。

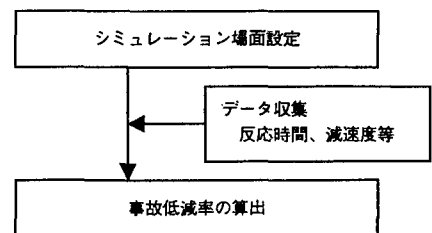


図1 事故防止効果算定手順

キーワード: ITS

\*: 正員 工修 建設省土木研究所道路部  
高度道路交通システム研究室 研究員  
〒305-0804 茨城県つくば市旭1  
Tel: 0298(64)4496, Fax: 0298(64)0178  
E-mail: murata@pwri.go.jp

\*\* : 正員 工修 同上 研究員

\*\*\*: 正員 同上

\*\*\*\*: 理修 技術研究組合 走行支援道路システム開発機構  
〒105-003 港区西新橋2-8-6 住友不動産日比谷ビル11階  
Tel: 03(3504)0505, Fax: 03(2504)2727

### (1) シミュレーション場面設定

障害物衝突防止サービスは、見通しの悪いカーブ等の途中に存在する駐車車両というような、ドライバー自身では確認が困難な障害物の情報を接近する車両のドライバーに提供するサービスである。そこで、図1に示すような場面を想定して、障害物に接近するドライバーが何秒前に障害物の存在を知れば、どれだけの事故を回避できるかを評価する。

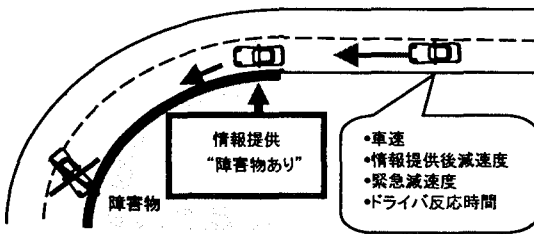


図1 障害物衝突防止サービスの場面イメージ

以下に、今回のシミュレーションの仮定を示す。

①情報提供による「発見の遅れ」による事故の低減効果を算出するため、ドライバーは情報提供が行われない限り障害物に気がつかないものとする。

②ドライバーは情報提供を100%信頼し、情報に従って制動動作を行うものとする。

次に、シミュレーションによる評価手順について示す。

①AHS車両は定速度V(km/h)で走行する。

②障害物に関する情報を衝突のX(s)前に提供される。

③情報提供を受けてドライバーは、パラメータとして設定した情報提供に対する反応時間、制動立ち上がり時間、最大減速度に従い制動動作をおこなう。

④障害物に関する情報提供を受けた時点で障害物を目視できた時と、目視できない時の減速度が大きく違うことから（詳細については(2)データ収集で示す）、視程L(m)と情報提供を受けた地点から障害物まで距離の大小により減速パターンは次の2通り設定した。

- ・視程>情報提供地点から障害物

ドライバーは情報提供を受けた直後に急減速をおこなう。

- ・視程<情報提供地点から障害物

ドライバーは情報提供を受けた直後には緩減速し、障害物を発見後に急減速をおこなう。

⑤速度V(km/h)と情報提供時間X(s)、視程L(m)を変化させてAHS車と障害物との衝突回数を調べる。

### (2) データ収集

情報提供による事故回避効果を分析するためには、シミュレーションに用いるドライバーの回避行動に関するパラメータ（情報提供に対する反応時間、制動立ち上がり時間、最大減速度）を収集する必要がある。そこで、モーション付きのドライビングシミュレータに、AHSを擬似的に体験するための装置（HMI（Human-Machine-Interface）やソフトウェア等）を付加して、危険場面を模擬し、事故回避時のドライバー挙動に関するデータを収集した。

データ収集に用いた模擬状況は、見通しの悪いカーブの先に停止車両が存在しているというものであり、被験者は20～30歳代の男女それぞれ15名であった。収集結果を表1に示す。

表1 事故回避データ

|                |           | 単位               | 平均   | 標準偏差 |
|----------------|-----------|------------------|------|------|
| 情報提供後<br>(緩減速) | 反応時間      | 秒                | 1.14 | 0.48 |
|                | 制動立ち上がり時間 | 秒                | 0.98 | 0.64 |
|                | 最大減速度     | m/秒 <sup>2</sup> | 2.42 | 0.95 |
| 目視後<br>(急減速)   | 反応時間      | 秒                | 0.72 | 0.19 |
|                | 制動立ち上がり時間 | 秒                | 1.15 | 0.37 |
|                | 最大減速度     | m/秒 <sup>2</sup> | 7.05 | 1.27 |

最大限速度について見てみると、情報提供を受けただけでは平均2.42m/秒<sup>2</sup>であり、それほど強くブレーキをかけていないが、目視後は7.05m/秒<sup>2</sup>と非常に強いブレーキをかけている。このことから、情報提供による事故回避についてシミュレーションを行う際も、情報提供時に障害物が目視にて確認できるか否かによって制動のパターンを変えることとした。

また、シミュレーションでは、反応時間、制動立ち上がり時間ならびに最大減速度を、表1に示す平均と標準偏差をもつ正規分布として扱うこととした。

### (3) 事故低減率の算出

(3)事故低減率の算出

視程、速度、情報提供時間をそれぞれ表2、表3、表4のように個別に変化させて、AHS車両が障害物に衝突するかどうかを調べた。

表2 シミュレーション変数

| 変数          | 値                                   |
|-------------|-------------------------------------|
| 視程(m)       | 20, 40, 55, 75, 110                 |
| 速度(km/h)    | 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95, 110 |
| 情報提供開始時間(s) | 0.5 から 13.0 まで 0.5 刻み               |

視程、速度、情報提供時間開始時間の1つのセットにつき、100回の試行を行い、AHS車が障害物に衝突しなかった割合を算出した。例として、視程が20mのときの結果を図3に示す。

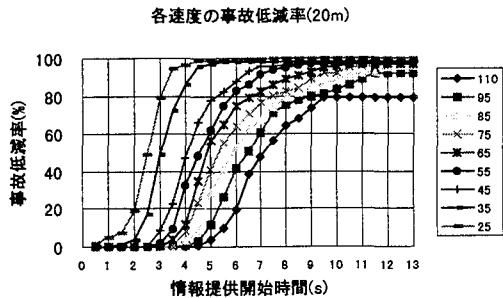


図3 事故低減率（視程 20m）

事故統計をもとに、事故が発生している速度の頻度によって事故低減率を重み付けし、全体の事故削減低減率を算出した。例として視程が20mのときの結果を図4に示す。

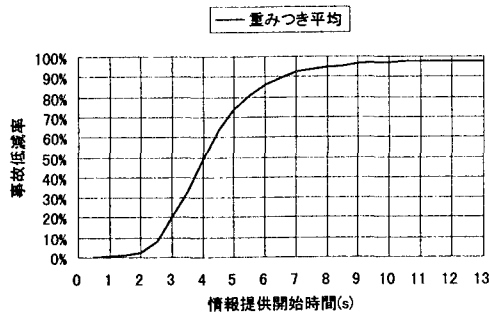


図4 事故低減効果（視程 20m）

各視程ごとに90%事故を低減できる情報提供開始時

間を図5に示す。

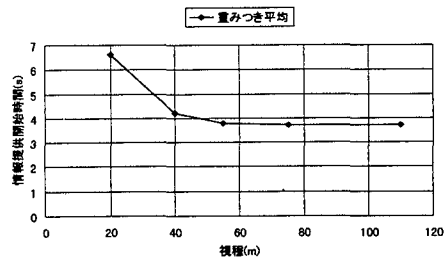


図5 視程別事故低減率90%の情報提供開始時間

視程が60m以上ある場合には、衝突の約4秒前に情報提供があれば、90%の事故が回避できるが、視程が20mしかない場合には、6.5秒前に情報提供する必要があることがわかった。

(4)視程に関する考察

前項の事故低減率の算出では、事故統計をもとに事故が発生している速度の頻度によって事故低減率を重み付けした。しかし、その際、視程と事故発生速度の関係については考慮していない。そこで、視程の違いが道路線形（カーブ）によってもたらされるものと仮定して、視程と事故発生時の速度の関係を考慮することとした。視程が短くなるカーブとは曲率半径の小さいカーブであり、曲率半径が小さくなればなるほど、そこを通過することのできる速度が低くなると考えられる。視程別のカーブを想定して、そのカーブを曲がることのできる乾燥時（路面摩擦係数は0.7とした）の最大速度を理論限界速度として算出した。結果を表3に示す。

表3 視程と理論限界速度

| 視程(m)        | 20 | 40 | 55 | 75  | 110 |
|--------------|----|----|----|-----|-----|
| 理論限界速度(km/h) | 37 | 73 | 95 | 115 | 158 |

障害物衝突防止サービスはオーバースピードによる路外逸脱事故は対象としていないため、理論限界速度を超えた車両は存在しないと仮定して、表3に示した理論限界速度を考慮した視程別の事故低減率90%の情報提供開始時間を算出した。結果を図6に示す。

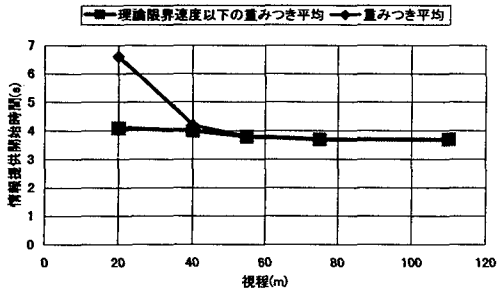


図6 理論限界速度を考慮した  
視程別事故回避 90%情報提供開始時間

理論限界速度を考慮すると、視程が 40m の場合には 73km/h 以上の車両、視程が 20m の場合には 37km/h 以上の車両はそのカーブを走行できない。その結果、視程 20m の時でも衝突の 4.1 秒前に情報を提供すれば約 90%の事故が回避できることとなり、理論限界速度を考慮しない場合よりも 2.5 秒遅くてもよいことがわかった。

#### (5) 高齢者に関する考察

今回のシミュレーションはドライビングシミュレータを用いて測定した反応時間を用いたが、ドライビングシミュレータの被験者は前述の通り 20 歳～30 歳代のドライバーだけであった。高齢者ドライバーは非高齢者ドライバーに比べると反応速度が遅くなる傾向にあるため、パラメータとして設定している情報提供および目視後の反応時間について、平均値を非高齢者ドライバーの  $1.4\sigma$  の値、標準偏差を 1.5 倍と設定して<sup>1)</sup>、高齢者ドライバーに対する事故削減効果を算出した。その結果、高齢者ドライバーに対しても事故削減率 90%を確保するためには、非高齢者ドライバーに対するよりも 0.7 秒早めに情報提供をする必要があることが分かった。

#### (6) AHS が普及した場合の考察

今回のシミュレーションは、(2)節にも示したとおり、情報提供が行われていても、目視によって確認するまで急制動は行わないとしている。しかし、AHS が普及し、情報提供に対するドライバーの信頼度が高まり、情報提供のみで急制動が行われるよ

うになれば、視程が無限大あることと等しくなるので、3.7 秒前に情報提供できれば約 90%の事故が回避できることになる。

#### 4. 事故削減に関するシミュレーション結果

前章で示した障害物衝突防止サービス以外の、車線逸脱防止サービス（直線）、車線逸脱防止サービス（カーブ）、出会い頭衝突防止サービスについて、事故削減率 90%の時の情報提供開始時間を同様の方法で求めた結果を表 4 に示す。

表 4 事故削減に関する主な結果

| 基本 U/S              | 評価結果<br>(20～30 歳代のドライバ<br>についての分析)                              | 高齢者対応<br>(早める時間) |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------|
| 障害物<br>衝突防止         | 障害物に衝突する約 4 秒前<br>に情報提供することにより<br>90%回避可能                       | 0.7 秒            |
| 車線逸脱<br>防止<br>(直線)  | 対向車、路肩構造物に衝突<br>する約 2 秒前に警報するこ<br>とにより 90%回避可能                  | 0.6 秒            |
| 車線逸脱<br>防止<br>(カーブ) | 対向車、路肩構造物に衝突<br>する約 2.5 秒前に警報する<br>ことにより 90%回避可能<br>(R=85m の場合) | 0.6 秒            |
| 出会い頭<br>衝突防止        | 衝突の約 3 秒前に警報する<br>ことにより 90%回避可能                                 | 0.6 秒            |

#### 5. 今後の課題

今回のシミュレーションは、情報提供がどの程度事故削減に効果があるかを把握する初期段階の研究である。そのため今回は、ドライバが情報に関して無視したり、誤解したりしない等の前提条件を設定している。今後は、ドライバの情報への反応率や、AHS の普及率、を考慮するとともに、AHS システムの設計の進展を受けて、システムの動作範囲等を考慮した、より精度の高いシミュレーションを行って効果を把握していく予定である。

なお、本研究は技術研究組合走行支援道路システム開発機構への委託研究を行いながら実施しているものである。

#### 参考文献

- 1) 自動車安全運転センター：高齢運転者の心身機能の特性に関する研究、昭和 61 年度調査研究報告書、昭和 62 年 3 月