

神戸大学大学院工学研究科 学生員○浜中聡士  
神戸大学自然科学系先端融合研究環 正会員 四辻裕文

神戸大学大学院工学研究科 正会員 喜多秀行  
神戸大学大学院工学研究科 学生員 北村和樹  
を図-1 に示す。

1. はじめに

高速道路における事故件数は、交通事故全体の事故件数に比べて減少割合が小さく<sup>1)</sup>、事故を未然に防ぐ手立てがいまだ十分でない<sup>2)</sup>と考える。また、高速道路のカーブ区間では、速度超過に起因する事故が生じやすく、事故件数に占める死亡重症事故件数の比率も高い<sup>3)</sup>ため<sup>4)</sup>、事故防止対策を講じる必要性が高い。速度超過の原因の一つとして、ドライバーの速度認識のエラー、すなわちドライバー自身が知覚する速度と実車速度との間に乖離が存在することが挙げられる。そのため、カーブにおける事故を予防するために、ドライバーの知覚に基づいてカーブ区間の事故リスクを明らかにすることは、事故防止対策を講じる上で有益である<sup>5)</sup>と考える。

そこで、本研究では、ドライバーの速度選択行動とドライバーの速度認識構造をモデル化し、高速道路のカーブ区間において安全速度を超過して走行する確率を事故危険度とみなしてこれを曲率半径および隣接する直線部の速度分布別に明らかにする手法を構築する。そのため、事故危険度推定モデルを構築し、そのモデルを用いて、ドライビング・シミュレータによる走行実験から取得した速度データから事故危険度を推定し、事故データを基に算出した事故率との相関を分析し、提案したモデルの妥当性を検討する。

2. 本研究における考え方

本研究における考え方を次に示す。ドライバーは、カーブ進入前の直線部で前方のカーブを認知し、主観的なカーブ通過時の安全上限知覚速度 $\hat{v}_s$ を知覚する。また、走行中、カーブに近づくごとに、主観的な知覚速度 $\bar{v}_s$ を知覚しながら自車を運転操作しカーブに進入する。その際、実速度は $\bar{v}_0$ とし、カーブの客観的な安全上限速度を $\hat{v}_0$ とする。

3. 事故危険度推定モデル

次に本研究で構築する事故危険度推定モデルの概要

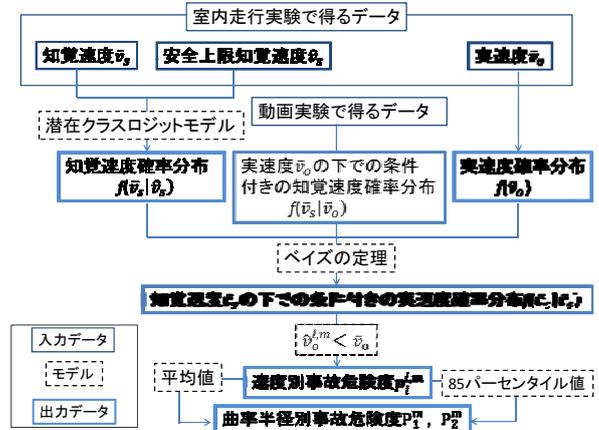


図-1 事故危険度推定モデルの概要

次に、カーブを走行する時、「早く走行したいが、危険と感じる過度な速度は避けたい。」という運転心理を速達性と安全性のトレードオフで表した速度効用関数を(1)式のように定式化する。

$$U(\bar{v}_{s,i}^m | \gamma_k^m, \lambda_k^m, \hat{v}_{s,k}^m) = \gamma_k^m \bar{v}_{s,i}^m - \exp \left[ \lambda_k^m \frac{\bar{v}_{s,i}^m}{\hat{v}_{s,k}^m} \right] + \varepsilon_{i,k}^m \quad (1)$$

$\bar{v}_{s,i}^m$  : 曲率半径 $R_m$ のカーブにおいて、ドライバーが知覚する速度を選択する選択肢  $i$  の知覚速度 $\bar{v}_s$ 、 $\hat{v}_{s,k}^m$  : 曲率半径 $R_m$ のカーブにおいて、ドライバーが知覚する潜在クラス  $k$  の安全上限知覚速度 $\hat{v}_s$ 、 $\gamma_k^m$  : 速達性に関するパラメータ、 $\lambda_k^m$  : 安全性に関するパラメータ、 $\varepsilon_{i,k}^m$  : 知覚速度 $\bar{v}_s$ を選択する際の誤差項

次に、(2), (3)式の潜在クラスロジットモデルを用いて(1)式の速度効用関数のパラメータを推定し、知覚速度確率分布を導出する。ここで、(1)式の $\hat{v}_{s,k}^m$ が確率的に分布するため、潜在クラスロジットモデルを用いる。

$$f(\bar{v}_{s,i}^m | \gamma_k^m, \lambda_k^m, \hat{v}_{s,k}^m) = \sum_{k=1}^K \hat{\pi}_k \frac{\exp[U(\bar{v}_{s,i}^m | \gamma_k^m, \lambda_k^m, \hat{v}_{s,k}^m)]}{\sum_{i=1}^I \exp[U(\bar{v}_{s,i}^m | \gamma_k^m, \lambda_k^m, \hat{v}_{s,k}^m)]} \quad (2)$$

$$\ln L = \ln \sum_{k=1}^K \hat{\pi}_k \left\{ \prod_{i=1}^I f(\bar{v}_{s,i}^m | \gamma_k^m, \lambda_k^m, \hat{v}_{s,k}^m)^{\delta_{i,k}} \right\} \quad (3)$$

$\hat{\pi}_k$  :  $\hat{v}_s$ のクラス  $k$  の帰属確率、 $L$  : 尤度関数、 $\delta_{i,k}$  :  $\hat{v}_{s,k}$ の下で $\bar{v}_{s,i,k}$ を選ぶ際 $\delta_{i,k}=1$ 、選ばない際 $\delta_{i,k}=0$ の選択結果

さらに、(4)式のベイズの定理を用いて知覚速度 $\bar{v}_s$ の下での条件付きの実速度確率分布を導出し、(5)式から事故危険度を導出する。

$$f(\bar{v}_{o,i}^{n,m} | \bar{v}_{s,i}^m) = \frac{f(\bar{v}_{s,i} | \bar{v}_o^n) f(\bar{v}_o^{n,m})}{f(\bar{v}_{s,i}^m)} \quad (4)$$

$f(\bar{v}_{s,i} | \bar{v}_o^n)$  : 速度区間  $n$  の代表値の実速度 $\bar{v}_o^n$ の下での条件付きの知覚速度確率分布,  $f(\bar{v}_{o,i}^m | \bar{v}_{s,i}^m)$  : 知覚速度 $\bar{v}_s$ の下での条件付きの実速度確率分布,  $f(\bar{v}_o^{n,m})$  : 速度区間  $n$  の代表値の実速度確率分布,  $f(\bar{v}_{s,i}^m)$  : 知覚速度確率分布

$$p_i^{l,m} = F_i^m(\bar{v}_o^{l,m}) \quad (5)$$

$p_i^{l,m}$  : 安全上限速度 $\bar{v}_o^{l,m}$ のカーブ入口の下で $\bar{v}_{s,i}^m$ と知覚する際の事故危険度,  $F_i(\bar{v}_o^{l,m})$  : 安全上限速度 $\bar{v}_o^{l,m}$ における知覚速度 $\bar{v}_s$ の下での条件付きの実速度の累積確率

ここで、 $f(\bar{v}_{s,i}^m)$ は、(2)、(3)式から導出した知覚速度確率分布とする。 $f(\bar{v}_o^{n,m})$ は、室内走行実験から得る速度データを速度区間  $n$  ごとに分け、その速度区間  $n$  の代表値の実速度 $\bar{v}_o^n$ の確率分布とする。 $\bar{v}_o^{n,m}$ は、速度区間  $n$  の中央値を区間代表速度とする。 $f(\bar{v}_{s,i} | \bar{v}_o^n)$ は、実速度 $\bar{v}_o^n$ の走行動画の下で知覚する速度データを基に算出する。

#### 4. データの収集

ドライビング・シミュレータを用いた室内走行実験を行い、同一の道路幾何構造の下で、カーブの曲率半径のみを 200m から 500m まで変化させ、モデル特定のための速度データを収集した。収集したデータは、実速度 $\bar{v}_o$ 、安全上限知覚速度 $\hat{v}_s$ 、知覚速度 $\bar{v}_s$ 、の3つである。表-1 に室内走行実験の概要を示す。

表-1 室内走行実験の概要

被験者	15人(20代男性:13人,20代女性:2人)
取得データ	安全上限知覚速度 $\hat{v}_s$ 、知覚速度 $\bar{v}_s$ 、実速度 $\bar{v}_o$ の3つの速度を曲率半径別に8つずつ取得する。
実験方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プレ走行1セット、本走行8回を繰り返し、プレ走行4セット、本走行32回を行う。</li> <li>・プレ走行では、<math>\bar{v}_s</math>と<math>\hat{v}_s</math>の目安を付ける。</li> <li>・本走行ではカーブ認識時に<math>\hat{v}_s</math>を発話し、カーブ入口地点を通過時に<math>\bar{v}_s</math>を発話し、同時に<math>\bar{v}_o</math>を計測する。</li> </ul>

また、取得した速度データを基に知覚速度 $\bar{v}_s$ の下での条件付きの実速度確率分布と事故危険度を導出した。結果の一例として、曲率半径 200m のカーブにおいて知覚速度 75km/hr の下での条件付きの実速度確率分布を正規分布で近似したものを、事故危険度と併せて図-2 に示す。

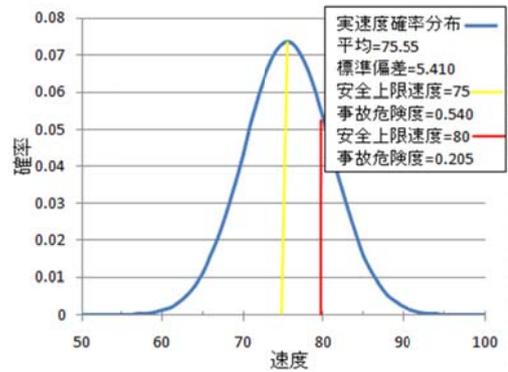


図-2 実速度分布とその事故危険度の一例

#### 5. 実証分析結果

事故危険度は、事故率と同様に、事故リスクを評価する指標であるため、事故率と相関があることを示すことで事故危険度推定モデルの妥当性を確認する。

曲線部における事故データから算出した事故率と事故危険度の相関関係を表-2 に示す。比較的高い相関が認められ、提案した事故危険度推定モデルが顕在化した事故リスクである事故率をある程度的に説明していることを確認した。

表-2 相関分析結果

事故危険度(85パーセンタイル値)との相関係数	0.835
事故危険度(平均値)との相関係数	0.830

#### 6. まとめ

本研究では、高速道路のカーブ区間の事故危険度を曲率半径、直線部の速度分布別に明らかにする方法論を構築した。そのために、事故危険度推定モデルを構築し、室内走行実験を通じて取得したデータを基に事故危険度を推定し、事故率との相関を示した。これにより、速度データを基に事故リスクを明らかにでき、減速対策による事故防止効果の推測にも有用と考える。

なお、事故データを用いた分析に際しては(株)高速道路総合技術研究所交通環境研究部交通研究室の協力を得た。記して謝意を表す

#### 参考文献

- 1)警察庁:平成25年中の交通事故の発生状況:  
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/Pdfdl.do?sinfid=000023626210>(アクセス:平成26年11月1日),2014
- 2)四辻裕文,喜多秀行:ドライバーの速度認識構造を考慮した潜在的事故発生確率の推定モデル,土木計画学研究・講演集,Vol.40,2009