

# 8. 予防安全支援システム効果評価シミュレータ（ASSESS）の開発 ードライバモデルにおけるヒューマンファクタの再現方法ー

交通システム研究領域 ※塚田 由紀  
自動車安全研究領域 関根 道昭 田中 信壽 廣瀬 敏也 森田 和元

## 1. はじめに

当研究所では、開発・提案が著しい自動車の予防安全支援システムの効果を評価するため、予防安全支援システム効果評価シミュレータ（A Survey Simulator to Evaluate Safety System (ASSESS)）を開発している<sup>1,2)</sup>。ASSESSでは、想定した交差点を通過する全ての車両のドライバが、独自に情報の取捨選択を行って運転行動を決定するエージェント型のドライバモデルを使用する。ASSESSによって、ヒューマンファクタにも関係する予防安全支援システムの評価が行えるよう、ドライバモデルは運転者の挙動をできるだけ忠実かつ合理的に再現する設計とした。

本報告では、ドライバモデルの概要と、この計算式、パラメータ等を決定するために実施した実験について報告する。

## 2. ドライバモデルの概要

ASSESSのドライバモデルの概念図を図1に示す。このモデルは、認知部、判断部、操作部の3段階で構築され、それぞれの段階においてある確率でヒューマンエラーが発生することを仮定している。

認知部では、「視野制限フィルタ」を仮定し、再現されるドライバの視界から認知できる範囲を抽出する。

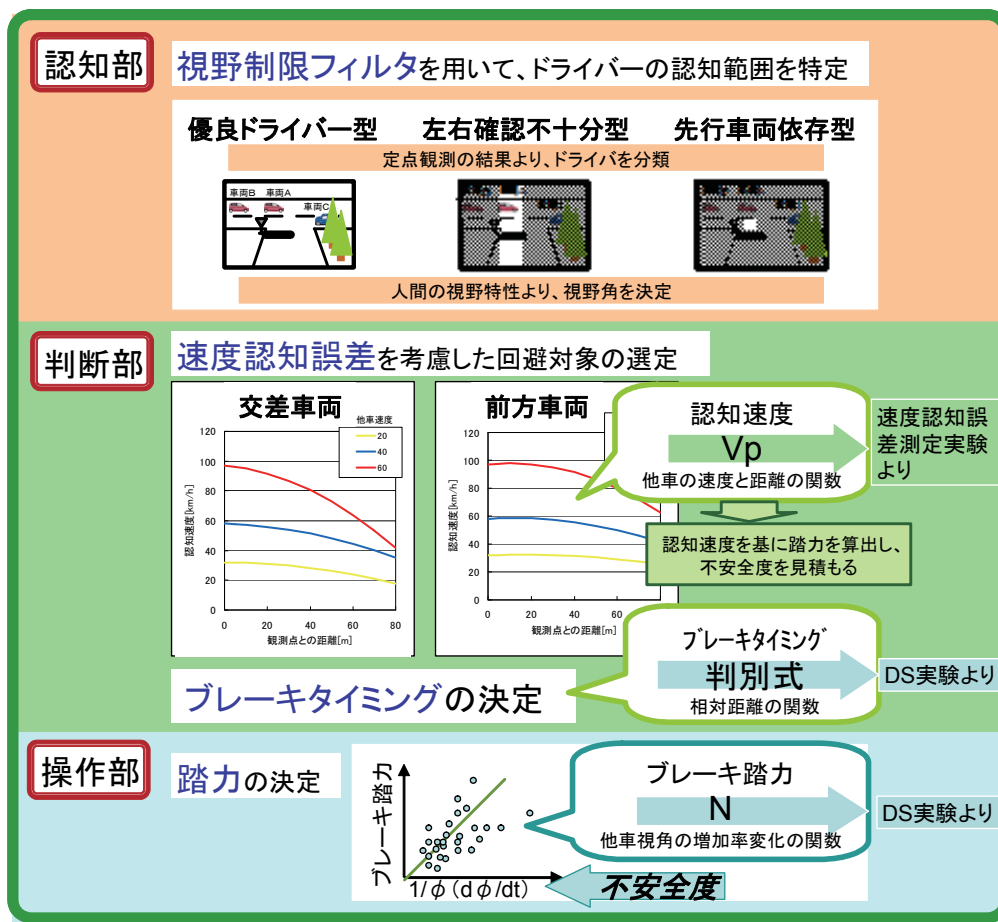


図1 ASSESSのドライバモデルの概念図

この視野制限フィルタの大きさをドライバ毎に変えることで、脇見や漫然運転の発生確率を模擬させる。この視野制限フィルタは視野特性そのものではなく、注意不十分等の意識レベル低下の意味も内包したものであり、視野制限フィルタの大きさ等は、人間の視野特性および定点観測の結果に基づいて決定した。

判断部では、認知部で抽出された範囲内に存在する対象（他車や標識等）について、自車両との衝突する危険性を判断し、衝突回避行動（ブレーキ操作）を行うかどうかを決定する。視野制限フィルタで示される認知範囲内に複数の対象がある場合には、衝突回避行動の必要性の高い順に、順位付けを行い、その対象に対してブレーキ操作を行うものとする。この判断の過程において、他車両の速度認知に関するエラーが発生するモデルとした。また、ブレーキ操作を行うタイミングは、4章で述べるドライビングシミュレータを用いた実験結果に基づいて計算式を求めた。

操作部では、衝突回避行動を決定した対象に対し、その対象の視角の増加率変化に基づいてブレーキ操作量を決定する。ブレーキ操作量も、4章で述べるドライビングシミュレータによる実験結果から求めた計算式を使用する。ここでも、ドライバ毎にブレーキペダルの異なる操作特性を反映し、ブレーキ踏力不足等の操作エラーも考慮した。ブレーキ操作を必要としない場合には、当該車両の初期速度に戻るまで一定加速度で加速するものとした。

さらに、車両へ操作量を出力するタイミングは、認知・判断・ドライバの筋肉系の応答の遅れを考慮して決定している。なお、本 ASSESS ではリスク回避の方法はブレーキ操作のみに限定した。

### 3. 速度認知エラー測定実験

#### 3.1 実験目的と概要

ヒューマンエラーとされる事故要因の1つとして、他車の速度、距離の誤認が挙げられる。そこで、ASSESSのドライバモデルでは、他車の速度を各ドライバの「速度認知エラー」量を含んだ推測値を用いて計算することで、この事故要因を再現させるよう設計した。よって本実験は、この「速度認知エラー」を含んだ速度（認知速度）を求めることを目的として行った。

実験は、被験者に接近走行する車両をシャッター付きゴーグルで1秒間だけ観察させ、その車両が被験者の位置に到達するまでのタイミングを押し卸で予測させる方式とした。被験者の到達予想時間から、走行車両の認知速度に換算した。

実験レイアウトを図2に示す。この図は、走行車両が右から左へ走行した場合のレイアウトである。走行車両が左から右へ走行する場合は、被験者車両は図2と同様の配置で、車体通過センサを被験者車両の反対側へ移動し、走行車両を左から右へ走行させた。また、走行車両が正面方向から接近走行する場合は、被験者車両の向きを90度回転させて配置した。

#### 3.2 実験方法

まず、被験者は、予め決められた被験者車両に乗り込み、シャッター付きゴーグル（シャッターは閉状態）とノイズキャンセルヘッドホンを装着し、スイッチとアンケート用紙を持って待機する。実験者の合図で走行車両が走行を開始し、一定速度で車体通過センサを通過する。センサの信号に対応してシャッターが開閉し、被験者は走行車両を1秒間観察する。同時にシャッターが閉じた瞬間から時間計測が開始される。被験

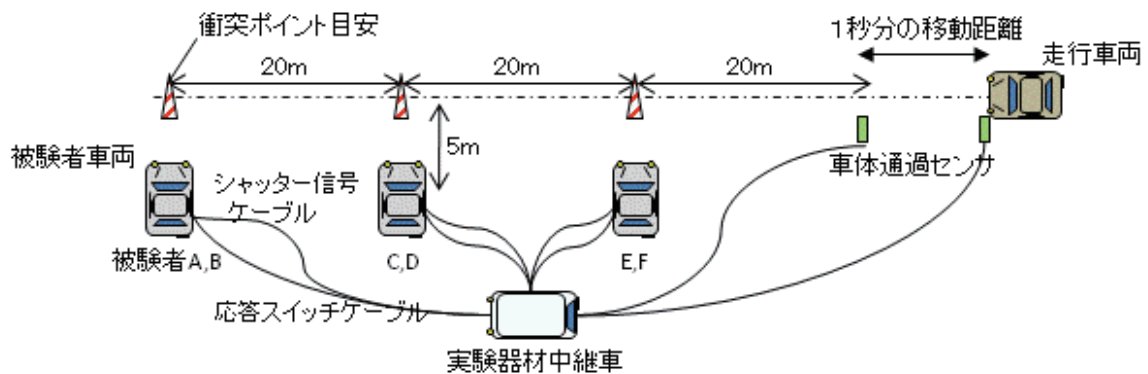


図2 実験レイアウト

者は、シャッターは閉じたまま、観察した走行車両が被験者の位置（図2の衝突ポイント目安）に到達したと思われるタイミングで手元のスイッチを押す。

さらに、全被験者からの応答を確認後、シャッターを開け、被験者は予測した到達タイミングに基づいて被験者車両を発進させるか否か（走行車両が前から来る場合は、右折するか否か）を回答してもらった。このアンケートは「発進する」「発進しない」「分らない」の三者択一問題とした。

次に、走行車両の速度が異なる条件で実験を繰り返した。走行車両の速度の順番はランダムに変化させた。全ての速度条件終了後、被験者は車両を交換し、走行車両と被験者車両の距離が異なる条件で実験を繰り返した。

表1 実験条件

走行車両の走行方向	前→後、右→左、左→右の3条件
走行車両と被験者車両の距離 (以下、観察点との距離)	20, 40, 60 m
走行車両と被験者の距離	5m
走行車両の速度	20, 40, 60 km/h
走行車両観察時間	1秒
繰り返し回数	2回
被験者	18名(20~39歳)
被験者車両	小型乗用車3台
走行車両	普通乗用車

### 3.3 実験結果

図3に結果の一例として、走行車両が左から右へ走行したときの結果を示す。横軸は走行車両と被験者車両の距離（観察点との距離）、縦軸は被験者応答から算出した認知速度である。各シンボルは走行車両の実際の速度であり、標準偏差も図中に示した。これより、全体に認知速度は実際の速度よりも速い傾向があり、安全サイドに判断していることが分かる。

相対的に、観察点との距離が大きいと認知速度は遅くなり、観測点との距離が60mの場合には、ほぼ正確な速度を認知していた。走行車両が前後に走行した場合は、認知速度は左右方向に比べてより高めとなることが分かった。一方、走行車両が右から左、左から右へ走行した場合の実験結果の差は小さかった。よって、認知速度は、走行車両の左右方向の差は考慮せず、前方からくる車両と左右両方向からくる車両とに対する2種類に分けて求めることとした。

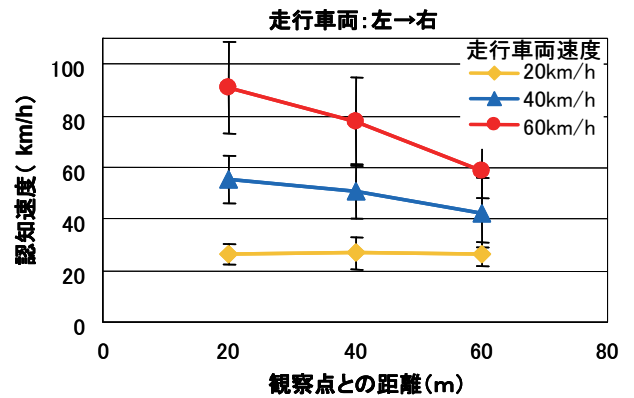


図3 認知速度エラー実験結果

### 3.4 実験結果のドライバモデルへの実装

実験結果を、観察点との距離と走行車両の速度の2つの引き数による関数に変換し、ドライバの認知速度を算出する計算式を求めた。さらに、ドライバ特性のばらつきを考慮して、実験結果から導かれるばらつきを係数としてエージェントモデルのドライバ毎に与えることとした。

なお、ここでは速度認知にヒューマンエラー（誤差）が存在し、走行車両と被験者車両の距離は正確に認知できると仮定したが、逆に、距離認知に誤差が存在すると仮定することも可能である。

## 4. ドライビングシミュレータによるブレーキ操作実験

### 4.1 実験の目的と概要

ASSESSのドライバモデルでは、操作部のヒューマンエラーとして踏力不足を再現するよう設計した。そこでまず、認知した対象車両の不安全度に応じたブレーキ操作量を算出する特性関数を求めるため、当研究所のドライビングシミュレータを用いて被験者ドライバのブレーキ操作特性を求める実験を行った。その上で、踏力不足は、得られたブレーキ操作の特性関数に基づいてばらつかせることで実現することとした。

### 4.2 実験方法

被験者には、直進走行を行うように指示をし、交差点において、当該車両の左右方向から他車両が接近するシナリオを設定した（図4）。交差点は100m間隔に設定したが、他車両が左右方向から出現しない交差点

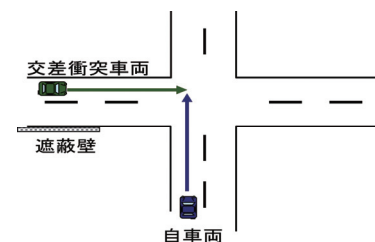


図4 ドライビングシミュレータにおける出会い頭事故実験シナリオ



図5 ドライビングシミュレータ画面

も含まれており、数個の交差点おきに遮蔽壁から不意に他車両が出現するようにした。実際のシミュレーション画像の例を図5に示す。

実験条件として、走行している被験者車両の速度と交差点までの距離から、他車両の出現するタイミングと出現位置を計算し、両車両が衝突するケースと自車両の直前を他車両が走行するケース（ニアミス）とを設定した。計測項目は、被験者車両のブレーキタイミング、ブレーキ踏力、その位置等とした。

被験者は15名（男性8名、女性7名、平均27.7歳）で、実験は26種類の実験条件を2回繰り返した。

また、衝突対象（あるいはニアミス対象）となる対象車両は、左方向から交差点に接近するものとしたが、これとは別に、数台の他車両を左右から走行させた。これらの他車両を、被験者にとってブレーキ操作を必要と感じさせない設定で走行させることで、被験者が対象車両のみに注目しないように配慮した。

#### 4.3 実験結果

衝突対象車両が自車両との衝突ライン上に到達した時刻から自車両が衝突ポイントに到達するまでの時間を余裕時間( $\Delta t$ )と定義する。この余裕時間を横軸、最大ペダル踏力を縦軸とした1名の被験者の結果

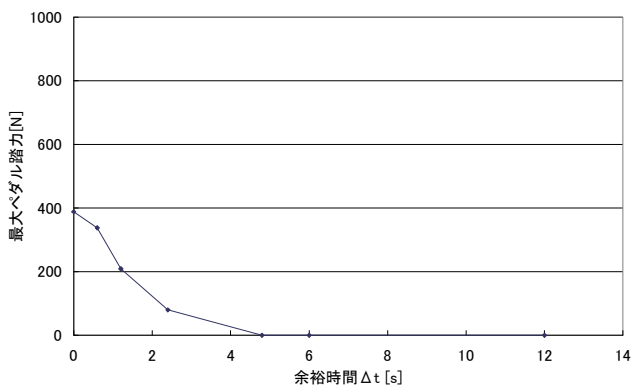


図6 ドライビングシミュレータ実験結果  
(最大ペダル踏力の余裕時間依存性)

を図6に示す。全体的に、余裕時間が短くなると最大ペダル踏力は大きくなる傾向がみられた。ただし、実験条件にかかわらず、低いペダル踏力しか示さない被験者も確認され、ペダル踏力のばらつきを反映する意義が確認された。

#### 4.4 実験結果のドライバモデルへの実装

ブレーキ操作のタイミングについて、全被験者の結果を整理すると、自車両と対象車両の相対距離並びに対象車両への方位角を要因としてブレーキ操作のタイミングを決定している傾向が示された。また、ブレーキ踏力は、対象車両の視角の増加率変化に対応して出力されていることが示唆された。そこで、ブレーキ操作タイミングおよびブレーキ踏力について、それぞれ相対距離、他車両への方位角、他車両の視野角に基づく計算式を求め、ドライバモデルに実装することとした。なお、このドライビングシミュレータを用いた実験の解析詳細については、別途報告予定である<sup>3)</sup>。

#### 5. まとめ

ASSESS のドライバモデルは、認知・判断・操作の各段階にエラーの発生を想定し、視野制限フィルタ、速度認知誤差、ペダル踏力誤差を用いてヒューマンファクタを再現できるように設計した。それぞれのヒューマンファクタは被験者実験の結果に基づいており、より現実のドライバの挙動に近づけるよう考慮した。今後も、様々な予防安全支援システムの効果評価に対応できるよう、ヒューマンファクタを組み込み、改良を加えていきたい。

#### 参考文献

- 1) 森田ほか「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」フォーラム 2007 平成19年度交通安全環境研究所発表会 講演概要 p73-76(2007)
- 2) N. Tanaka et al. 「Development of a simulator to evaluate the effect of active safety support systems」, FISITA2008 World Automotive Congress, F2008-08-142 pp. 1-10 (2008)
- 3) 森田ほか「横方向からの接近車両に対するブレーキ操作に影響を及ぼす要因」日本機械学会交通・物流部門委員会講演会(TRANSLOG) (2008) (予定)