

安全運転支援システムの効果評価について^{*1}

Predictive Evaluation of Effects of Safety Drive Assist Systems

芝浦工業大学 システム工学部 機械制御システム学科 古川 修
教授 博士(工学) Yoshimi FURUKAWA

1. 背景

日本の交通事故は、年間の死亡者数は減りつつあるものの、まだ6,000人を超えており、事故件数も百万件程度あって、大きな社会的問題となっている。

自動車交通事故を減少させる目的で、国土交通省自動車交通局が事務局を担当する「先進安全自動車(ASV)推進検討会」では、国内の全自動車メーカーが参加して、「自律型安全運転支援システム」のガイドライン作りと普及方法の検討及び、「協調型安全運転支援システム」の技術開発が行われている。

「協調型安全運転支援システム」については、国土交通省道路局が事務局となって進める「走行支援道路システム(AHS)」及び警察庁が事務局となって進める「安全運転支援システム(DSSS)」とASVが協力をして条件整備と開発を行っている。

協調型安全運転支援システムは、2006年1月に内閣総理大臣を本部長とするIT戦略本部から公布された「IT新改革戦略」のなかの重点施策「世界一安全な道路交通社会 - 交通事故死亡者5,000人以下を達成」を実現するための有効な手段として掲げられ、2008年度までに大規模実証実験を行い、2010年度から事故多発地帯を中心とした全国展開を目標としている。

このIT新改革戦略を受けて、2006年4月に官民連携の「ITS推進協議会」が内閣官房を事務局として設立され、2008年度には日本の各地で大規模実証実験が行われようとしている。また欧米でも

協調型安全運転支援システムの早期実現へ向けての様々なプログラムが稼働している。

安全運転支援システムの技術開発に伴い、それらの事故低減効果を評価することが重要となる。本稿は、安全運転支援システムの効果評価方法について述べる。

2. 安全運転支援システムの効果評価法の体系化

「IT新改革戦略」では、2012年までに交通死亡事故を5,000人以下とするという具体的な目標が設定されている。これを達成するためには、それぞれの安全運転支援システムの事故低減効果を精度よく予測し、官民でシステムの開発・実用化の優先順位を合意して進める必要がある。

また、保険料の割引などの消費者へのインセンティブの算出にも、それぞれのシステムの有効性から社会コスト低減として定量的に求めることが必要である。

欧米の通信技術を用いた安全運転支援システムとの国際協調の場においても、安全運転支援システムの効果を定量的に論じる必要がある。このような観点から、評価方法の確立は重要課題である。

安全運転支援システムの効果評価方法は、以下に挙げるカテゴリーに分類できる。

リアルワールドでの事故統計

リアルワールドでの実験

テストコースでの実験

ドライビングシミュレータを用いた実験

ドライバモデルを用いたコンピュータシミュレーション

これらの評価カテゴリーのうち、リアルワールドでの事故統計は実用化後の事後評価となるが、

* 1 原稿受理 2007年9月12日

他のカテゴリーでは事前評価が可能である．2008年度に実施を計画している大規模実証実験は「リアルワールドでの実験」の範疇に入る．

の「リアルワールドでの実験」では，実際の一般道路を走行して評価できる利点がある．一方，一般の自動車交通を妨げないという制約のなかで，効果評価が可能な条件にあてはまる地区を選択する努力が必要となる．道路条件も全国の様々な道路形状を網羅することは不可能で，代表的な道路走行条件をいくつか選択することになる．

また，実験を実施する限定期間中に事故に至る可能性は低いことから，その評価は通常走行やニアミス走行の分析を運転動作，自動車の運動，ドライバのヒヤリハットのアンケート調査などから調べることになる．

このような観点で，リアルワールドでの実験だけで効果評価の結論を出すことは困難であり，他のカテゴリーでの評価と連携させることが必要である．

次に，「テストコースでの実験」は，評価すべきシステムの効果が顕著となるような模擬コースを設定して実験を行うこととなる．それ故，特定の安全運転支援システムの評価を行ううえでは適した評価カテゴリーではあるが，色々なシステムを一般的な道路走行に近い条件で評価するには適していない．また，事故に至る実験では，他車や歩行者に模擬したウレタンや発泡スチロール製の障害物を作成して使用するが，それでも安全上の制約が大きい．

の「ドライビングシミュレータを用いた実験」のカテゴリーでは，道路条件，走行条件，車両の条件を自由に換えられるので，幅広い条件で効果評価を確認する実験を実施することが可能である．また，実走行の実験では事故に至る条件を想定することは不可能であるが，ドライビングシミュレータ上では事故の場面の実験確認を実施できるという利点がある．

このような観点で，ドライビングシミュレータでの実験は安全運転支援システムの定量的な効果評価に極めて有効と考えられる．

の「ドライバモデルを用いたコンピュータシミュレーション」では仮想の交通環境を構築し，そこに認知・判断・操作の運転行動を伴うドライ

バモデルを搭載した車両を走らせて，事故低減効果を評価することになる．交通事故は極めて低い確率で起こるので，実験による確認は膨大な時間が必要となるが，コンピュータシミュレーションでは加速して実施できるので，適切なドライバモデルが構築できれば，定量的な統計データを得るにはこの手法がもっとも適している．

これまで，ドライバの運転行動モデルは主に制御動作に主研究対象を置いたものが多く，認知・判断のレベルまで運転行動をモデル化する試みは少なかった．認知・判断のレベルまでモデル化しようとする，その推論構造は様々なロジックの組み合わせとなるが，自由度がありすぎて構築したモデルの妥当性を検証することが難しいことがその理由となっている．

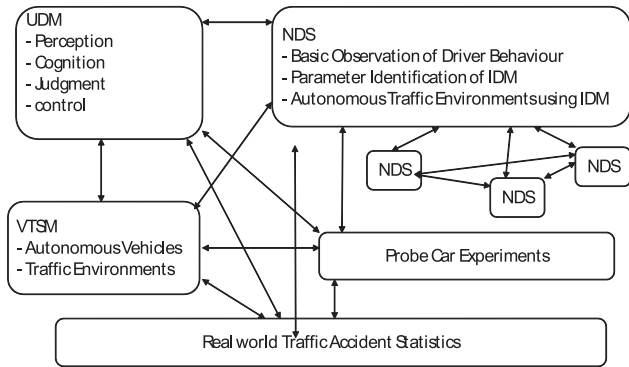
事故に至るドライバの認知・判断の運転行動を調べてモデル化を行うには，ドライビングシミュレータが重要な実験ツールとなる．しかし，やみくもにドライビングシミュレータを用いた実験により，ドライバの部分的な運転行動のデータを蓄積しても，それらを組み合わせて統合的なドライバモデルが構築できることにはならない．このような演繹的な手法では，骨格となるドライバの運転行動モデルの構造が定められていないために，部分的に調べたドライバの運転行動データをつなげて統計的な意味合いを持たせることが難しくなる．

ドライバの運転行動のモデル化には，まず，認知・判断・操作の基本モデル構造を定めて，それに基づいて実験を行って統計的にデータを蓄積することが重要となる．

3．効果評価法の検討例

筆者らは，国土交通省自動車交通局の支援を受けて，2002年度から2005年度までドライバの事故に至る運転行動をモデル化し，運転支援システムの効果評価を体系的に行う方法論の検討プロジェクトを推進してきた¹⁾．

このプロジェクトでは，図1に示す仮想交通環境を用いた安全運転支援システムの評価プラットフォーム構築を想定して，その核となるドライビングシミュレータを用いた実験と，ドライバモデルの構築を行った．



UDM: Universal Driver Model
NDS: Networked Driving Simulator
VTSM: Virtual Traffic Simulation Model

図1 統合仮想交通環境を用いた安全運転支援システムの効果評価プラットフォーム

ドライバの認知・判断・操作のそれぞれを、知識ベース、ルールベース、スキルベースの3階層についてマルチエージェントシステムで構成することを試み、図2に示すようなモデルを構築した。

このモデルの構造をベースとして、ドライバの事故に至る運転行動を図3に示すドライビングシミュレータを用いて、実験を行った。このドライビングシミュレータは6自由度モーションシステムを備え、前面のビジョンは凹面鏡とレンズ系によって、仮想道路交通環境の映像を前方40m程度のところに投影している。



図3 古川研究室のドライビングシミュレータ

このときに対象とした安全運転支援システムは車車間通信による出会い頭事故防止システムであり、交差点での直行道路をドライバに示すために、図に示すように側方にスクリーンを追加して道路を投影している。

図4に示すような仮想市街地道路でドライビングシミュレータで出会い頭事故を模擬した実験を行った。このとき、図5に示すように、他車の位置情報を提供する支援を行い、その有無で事故の起こる頻度や、ドライバの運転行動がどのように変化するか、確認した。なお、側方向の優先道路を左右に通過する他車は、ネットワークで通信している別なドライビングシミュレータによって恣意的に運転されていて、事故が起こりやすいよう

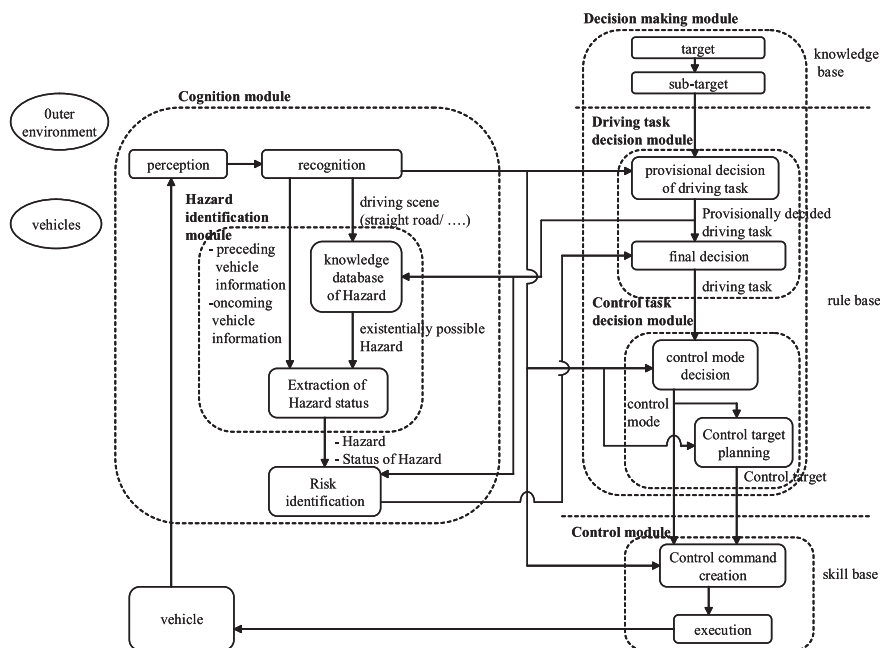


図2 マルチエージェントモデルで記述したドライバの運転行動モデル

なタイミングをみはからって交差点を通過するようにしている。



図4 ドライビングシミュレータを用いた交差点事故を模擬する実験

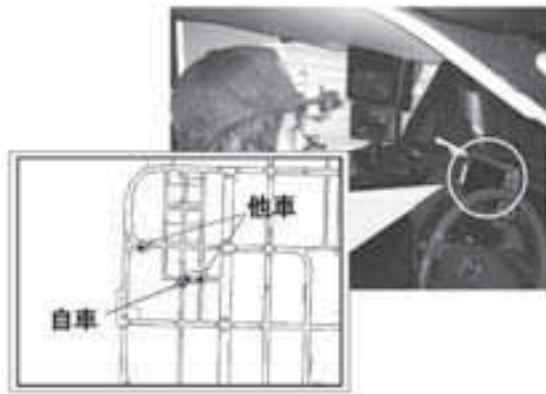


図5 安全運転支援システムの他車表示

運転支援のやりかたとしては、NAVI画面の地図上に他車の位置情報を示すだけの情報提供のレベルと、さらに図6に示すように他車との衝突の可能性が高いときにNAVI画面の一部に黄色のブロックの表示を行い、注意喚起をうながすレベルと2種類行った。



図6 安全運転支援システムにおける注意喚起表示

被験者6名で、ドライビングシミュレータを用いて安全運転支援システムによる支援のありなしを交互に2回ずつ実験を行った結果は図7のようになった。

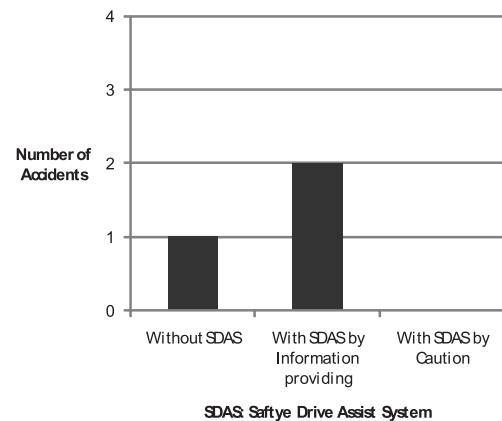


図7 ドライビングシミュレータでの実験結果

システムからの支援なしでは、1度だけ他車の見落としによる事故が発生した。しかし、情報提供レベルの支援を行った場合に事故が2件と増加している結果となった。この2件の事故を個別にアイモーションカメラの計測データから原因を分析すると、ともに、ナビ画面を注視しすぎるために危険な状況を見落として、道路車線を逸脱していたことが確認された。

注意喚起レベルでは、事故は発生しなかった。このときの運転行動を調べると、ナビ画面を注視する時間が情報提供レベルよりも短くなっていることが確認された。

この結果から、情報提供レベルの安全運転支援ではドライバへのインターフェイスの工夫が必要であること、そして、注意喚起まで行うレベルの安全運転支援が有効であることが分かった。

4. ユニバーサルドライバモデルの構築へ向けて

筆者らはこれまで構築してきたドライバの運転行動モデルをベースとして、さらに認知・判断における運転ミスを表現できるようにモデルの改良を試みている。あらゆる走行条件で事故へ至る運転行動を普遍的にモデル化することを最終的な目標としており、「ユニバーサル・ドライバ・モデル(UDM)」と名付けている。

主な改良点は、図8に示す認知プロセスにおける外部環境予測と、図9に示す行動計画プロセス

におけるドライバの欲求の評価を追加したことである。

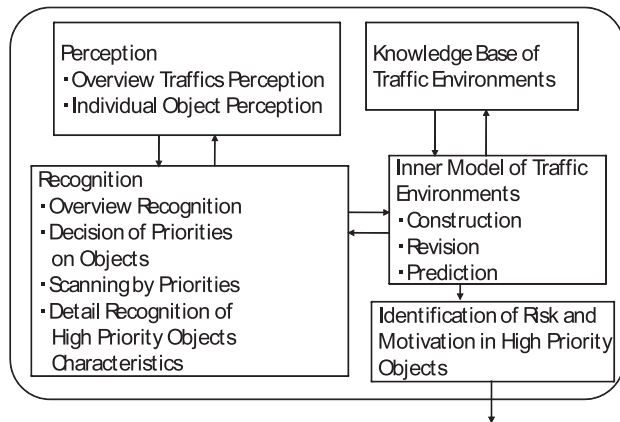


図8 提案するユニバーサル・ドライバ・モデルにおける認知プロセス

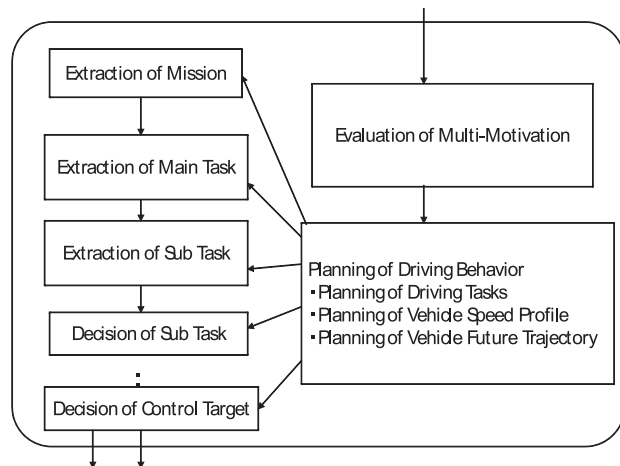


図9 ユニバーサル・ドライバ・モデルにおける行動計画プロセス

認知プロセスでは、ドライバはまず視覚情報から大雑把に道路環境と他車、歩行者などの状況をつかむことをする。そして、その情報のなかで、直近の対向車などの重要度の高い認知対象を選別する。そして、重要度の高い認知対象に対して、さらに詳細な特徴抽出を行う。

このようにして得られた外部環境情報を統合して、ドライバは脳内外環境モデルを構築し、さらに将来の予測を行う。衝突の可能性を算出し、その確率がある値よりも低いとかどうか判断しながら、運転行動を計画する。

脳内外環境モデルの更新は、そのなかの認知対象物の重要度により異なる。例えばTTC（衝突までの時間）が小さくて重要度が高い対象物は短い周期で更新が行われるが、衝突可能性が低かったり、TTCが大きい対象物に対しては更新周期は長くなると考えられる。この脳内外環境モデルの精緻さは、未熟ドライバと熟練ドライバでは異なり、未熟ドライバは予測精度の低いモデルを使用しているので、運転行動を起こそうとすると、短時間でモデルの更新を行うので、運転行動がスムーズでなくなる。熟練ドライバは常時精緻な脳内外環境モデルを更新していて、運転行動がスムーズに行えると考えられる。

脳内外環境モデルのなかの認知対象物の重要度のつけ方や、その位置や速度情報に誤りがあると、認知ミスとして事故に至る可能性が高くなる。このように、脳内外環境モデルを認知プロセスのなかに構成することによって、ドライバの運転技量の違いや、認知ミスを起こす運転行動を矛盾なく表現できることになる。

行動計画プロセスでは、「早く目的に到着したい」、「運転のための負荷をなるべく小さくしたい」、「安全に走行したい」、「交通法規を守りたい」などの複数のドライバの欲求に基づいて、それらの優先順位を加味して運転行動が計画される。

この「ユニバーサル・ドライバ・モデル」をベースにして、安全運転支援システムの効果評価プラットフォームを構築中である。

5. おわりに

安全運転支援システムの効果評価について、その考え方と技術課題を述べ、筆者が関係してきたプロジェクトでの開発例を紹介した。本稿が安全運転支援システムの実用化を促進するためのささやかなヒントになれば幸いである。

参考文献

- 1) Y. Furukawa et al.: Development of Predicting Evaluation Platform of Advanced Driver Safety Assist Systems using Integrated Virtual Traffic Environments, Proc. Of IEEE System Man and Cybernetics, Haag, (2004)