



ドライビングシミュレータを用いた 運転支援装置の評価

鈴木 桂輔（財団法人 日本自動車研究所）

1. はじめに

2001年の事故統計データによると、交通事故による死亡者数は9千人となり減少傾向にあるものの、死傷者数は逆に119万人に達し過去最悪の数となっている。このため、交通事故を発生前に回避するアクティブセーフティ技術に関連した、ドライバの運転操作を支援する様々な運転支援装置が提案されている。今後、これら運転支援装置を普及させるためには、高度な安全性を確保すべきであることは言うまでもないが、同時にヒューマンインターフェイスが適切に配慮され、ドライバ受容性の高いシステム開発を行うことが重要と思われる。

ドライバ特性を把握し、ヒューマンインターフェイス設計が妥当であることを確認する評価において、さまざまな方策が考えられるが、アクティブセーフティ技術に関連した運転支援

装置の評価のためには、衝突回避などの危険な状況での実験が必要となる。危険状況での実験を安全に、かつ、同一条件で何度も繰り返し実施可能なツールとして、ドライビングシミュレータ(DS)がある。DSでは、仮想的な自動車走行環境を作り上げるため、危険状況での実験が容易であるという利点だけでなく、まだ未開発の装置を仮想的に作り上げ、装置を製作するまえに、事故低減効果予測などの事前評価を行うことができるという利点がある。(財)日本自動車研究所(JARI)では、運転支援装置の評価にDSを用いており、評価結果は、例えば、運転支援装置の国際標準化におけるシステムの動作要件を策定するためのバックデータとして活用されている。本稿では、JARIが保有するDSの概容および、これを用いたアクティブセーフティに寄与する運転支援装置の評価実験の一例について紹介する。

と広視野角定置型DS(図2)を保有しており、調査研究の目的に応じて、両者を使い分けている。

1) 動揺装置付きDS

油圧駆動による6軸共働支持方式の動揺装置の上に、運転台が設置されている。本DSは、運転台および動揺装置、前方画像を呈示するビジュアル装置、エンジン音や走行音を呈示する音響装置、ドライバの操作量に応じて自車量および他車両の車両運動をリアルタイムで計算する主計算機、車両状態量やドライバの操作量を監視する運転監視装置、ドライバの心身反応を計測する生体情報計測装置、から構成される(図3)。JARIでは、車両運動の計算に用いるシミュレーションモデルの開発はもとより、これらの分散型システムを協調動作させるソフトウェアの構築を独自に行い、ドライバの運転操作に対する応答特性を実車と比較しながら、運転現実感の向上を随時行っている。このDSは、例えば、前方障害物衝突防止支援システムの制動パターンの評価とい

2. DSの概要

JARIでは、動揺装置付きDS(図1)



図1. 動揺装置付きDS



図2. 広視野角定置型DS

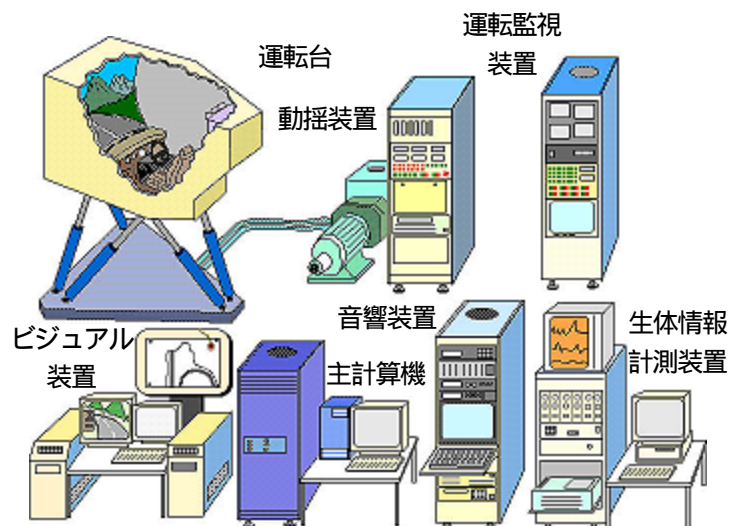


図3. 動揺装置付きDSの構成

った、加速度などの体感情報が重要となる試験研究に使用している。

2) 広視野角定置型 DS

実車のキャビンの前方に、視野角230度を確保する円筒形のスクリーンを設置している。本DSでは、ルノー社(仏)開発のシナリオ作成ソフトMiceを用いることで、マウスによる選択方式で他車両の動きやイベント発生などのシナリオを容易に作成することができる。この広視野角定置型DSは、例えば、経路案内などのITS情報を提供中における、ドライバの車両周辺状況に関する状況認識レベルの評価といった、視覚情報が重要となる試験研究に使用している。

3. 運転支援装置の動作要件に関する研究例

ドライバの運転操作(認知 判断 操作)における、認知および判断の支援に関する研究の一例としてITS情報の呈示方法、操作の支援に関する研究の一例として前方障害物衝突支援システムの制御方法について紹介する。

1) ITS情報の呈示方法に関する研究

人間の情報処理能力には限界があるため、ITSの個別システムがドライバに供給できる数多くの情報を、ドラ

イバに対して未処理のまま短時間に供給すると、過大な負荷を生じ、ドライバは提供された情報を有効に活用できない可能性がある。DS実験において、複数の情報がシステムから供給された状況を設定して、情報管理の有効性について実験的に確認した。安全性への寄与という観点から、「警報系」>「経路案内系」>「マルチメディア系」の順に情報の優先度は大きいと考えられる。したがって、図4に示すようなマネジメントが有用と思われる。

警報系、経路案内系、マルチメディア系の情報を、シミュレータ運転中のドライバに対して、視覚的ならび聴覚的に情報を提供する状況を設定した。市街地走行の運転シナリオを用い、1カ所の見通しの悪い交差点で左側道路から車が飛び出す設定として、交差点の手前で、自車前方の危険を意匠化した視覚表示として警報を呈示した(図5)。走行コースは、複数の交差点のある市街地直線道路とした。

情報管理なし:優先度を考慮せず、自車位置に関するナビゲーション情報、レストランのランチサービスに関するマルチメディア情報、交差点障害物警報の全てを視覚表示、聴覚表示により呈示する。た

だし、3種の聴覚表示は区別せず、全て告知音相当の音を添付する(図6)。

情報管理あり:優先度を考慮して情報を表示する。レストラン情報が要請された場合には自車位置と同時に表示するが、警報を呈示すべきタイミングに至った場合には、両者を消去して警報のみを視覚的に表示する。この条件では、聴覚表示として優先度に応じて緊急性を高く感じる音を添付する(図6)。

被験者は、通勤等の目的で日常的に自動車を運転している男女ドライバ12名(年齢26~58歳、平均年齢35.0歳)とした。情報管理せずに情報を呈示した場合に比して、情報管理を適用した場合には、呈示された情報の理解しやすさが改善された(図7)。また、警報の有効性について評価した結果、「情報管理なし」での交差点での障害物の回避成功率は50%にとどまり、警報自体が与えられない場合と同程度であったのに対し、情報管理を適用して情報を呈示した場合の回避成功率は100%となり、情報管理の有効性が確認された(図7)。

情報の優先度に基づくマネジメントを適用することにより、ドライバの

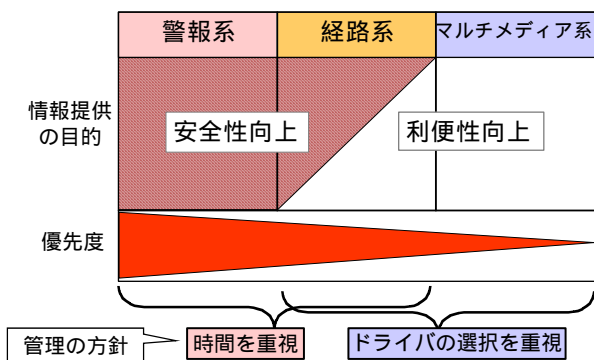


図4 情報管理の方針



図5 情報呈示の状況(矢印部分)

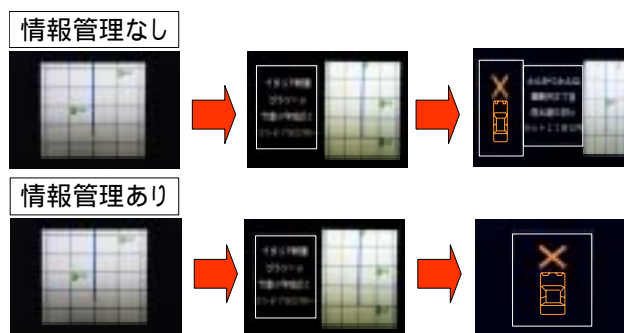


図6 情報管理あり/なし別での情報呈示の状況

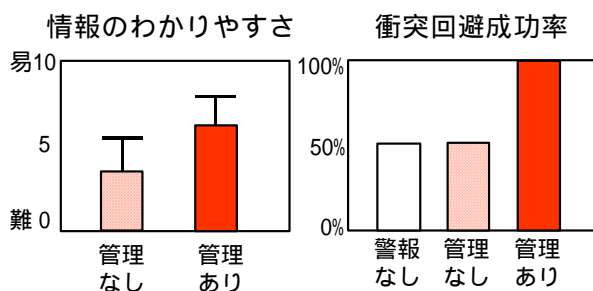


図7 情報のわかりやすさ、衝突回避成功率

情報取得が改善され、とくに緊急情報の有効性を確保するうえで、マネジメント方針に基づいた情報提供方法を採用することが重要であると思われる。

2) 前方障害物衝突防止支援システムの動作要件に関する調査研究

事故回避支援を目的とする装置の一例として、前方障害物衝突防止支援システムがある。この装置を実用化した場合、ブレーキ操作をシステムが支援することによって事故回避支援の効果が期待される。一方、これら事故回避支援を目的とした装置を搭載した車両では、本来ドライバーが行うべき事故回避のための操作を支援したために、前方車両と衝突の危険性のある状態において、ドライバーが十分なブレーキ操作を行わないといった運転行動として顕在化する可能性がある。そこで、前方障害物衝突防止支援システムを例として、システムのブレーキ制御パターンを変化させた場合の、ドライバーのブレーキ操作行動変化の発生状況について調査した。

システム作動時における減速度として、0.3G(2.9m/s²)、0.5G(4.9m/s²)、0.7G(6.9m/s²)の3水準、目標停止位置として、障害物前方(障害物の手前

5m)、障害物後方(障害物の後方5m)の2水準を設定した。前方障害物に接近中のドライバ視点からの風景例を図8に示す。被験者は、通勤等の目的で日常的に自動車を運転している男女ドライバ25名(年齢28~49歳、平均年齢:35.8歳)とした。

「システムに対する依存の程度(評価1)」、「自らのブレーキ操作パターンの変化(評価2)」に関する主観評価結果を図9に示す。0.3G/障害物前方の制御パターン(0.3Gの減速度で、ドライバーによる操作が無くても障害物の手前で停止)では、システムに大きく依存し(10:非常に依存、0:全く依存せず)、被験者が自身の行動変化を自覚していることが分かる(10:非常に変化、0:全く変化せず)。また、被験者のブレーキ操作行動を分類し、制御パターン別にその構成率について分析した結果を図10に示す。0.3G/障害物前方の制御パターンでは、自動のみ(ドライバーによる操作が無い)の構成率が50%以上の構成率を示しており、ドライバーが全くブレーキ操作を行わなくなるといった、行動変化がみられた。制動パターンの設定によっては、ドライバーがシステムに依存し、自ら十分な制動操作を行わない状況が観察された。このような、ドライバーが本来行うべき操作を怠るような運転行動を誘発することは、ドライバーの運転を支援するという概念から外れているため、ドライバーがシステムに過度に依存しないようなブレーキ制御開始タイミングによりシステム設計を行うことが重要となる。

4. DSを用いた研究の今後の課題

DSを用いた調査研究を頻繁に目にするようになり、DSがドライバーの操作特性を評価するツールとして一般化してきたように思われる。しかし、DSの機構は多様であり、機構が異なれば調査結果の傾向が異なることも懸念される。そこで、DSを用いた調査研究の結果については、どのような機構のDSを使用したかを明示していくべきだと考える。しかしながら、DSには、まだ規格化された機構の表現方法が少ない。今後は、例えば、以下の項目に関して、規格化された機構の表現方法を策定する必要があると考える。

- ビジュアル性能
 - 解像度、画像転送遅れ時間など
- モーション性能
 - 応答性(周波数応答特性)など
- 運動計算性能
 - 運動計算用シミュレーションモデルの規模、演算周期など
- 音響模擬性能
 - 模擬周波数特性など
- ドライバインターフェース特性
 - 操舵反力模擬特性、ブレーキ踏力模擬特性など

5. おわりに

今後、運転支援装置を普及させ、大幅な事故低減を実現するには、ユーザーにとって使いやすい受容性の高い、ドライバインターフェースを設計する必要があります。DSはこれら設計を支援する有効な実験ツールだと思います。DSの開発およびDSを用いた調査研究について、皆さんの理解が少しでも深まれば幸いです。



図8 前方障害物に接近中の画像

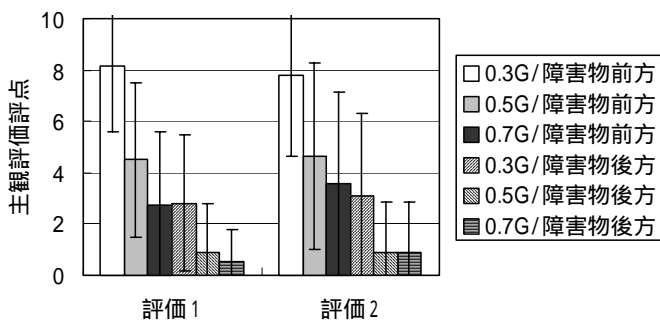


図9 主観評価結果

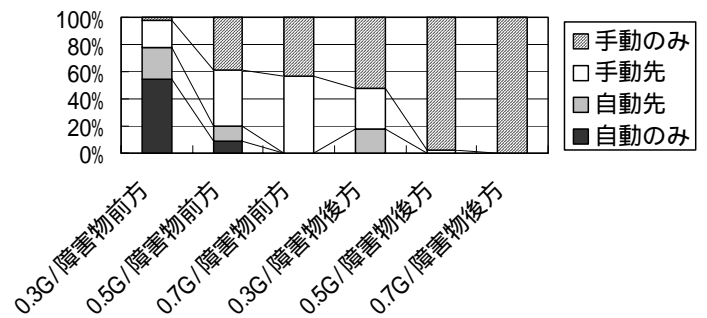


図10 ドライバの制動操作行動の分類