

並進機構付き先進型ドライビングシミュレータの開発

自動車安全研究領域 ※谷口 哲夫 波多野 忠 成 波 廣瀬 敏也

1. はじめに

近年、ITSの研究が進み、運転支援システムが一部の車両に導入され、安全性の向上、運転負担の軽減などに寄与しつつある。ITSの車両における技術の受け皿となっている先進安全自動車（ASV: Advanced Safety Vehicle）は、（1）運転者の支援、（2）運転者の受容性の確保、（3）社会受容性の確保を基本理念としており、ASVの推進計画（第2期）では、28の主なシステムの研究開発が行われている。これらのシステムは、安全運転の支援を目的としているが、運転者と支援システムのインタフェースを適切に設計しなければ、十分な効果は望めないものと考えられる。すなわち、支援の状態を運転者にわかりやすく提示し、適切な制御量で支援を行うことである。このような運転者の受容性の高い運転支援システム構築を行うことは、支援システムの普及に効果を与えるため重要な課題と位置づけられている。

支援システムの有効性およびインタフェースを考慮した受容性の評価は、従来からドライビングシミュレータ（以下、DS : Driving Simulatorという）を用いた研究が報告されている。評価にDSを用いることの有用性は、運転者への安全性の確保、同条件での実験の再現性、各種の運転支援システムをコンピュータ上に容易に構築可能なことなどが挙げられる。このような定性的な環境化で運転者特性を計測し、それをインタフェースの設計に反映させることで、合理的なシステム構築が可能である。最近では、コンピュータの処理能力の向上により高度化したDSが多くの研究機関で用いられており、各種支援システムの妥当性の評価に用いられている。

本稿では、今年度、当所に導入予定である並進機構付き先進型DSの開発について紹介するとともに、DSを使用しての今後の研究課題について述べる。

2. ドライビングシミュレータ（DS）の種類

DSは、大別すると①定置型DS、②動揺機構付きDS、③傾斜機構付きDS、④並進機構付きDSがある。

- ①定置型DSは、モーションの機能がないため加減速度の模擬は行えないが、装置が大規模化する広視野角の画像を提示することは容易に行える。広視野角のメリットは、道路画像に対して運転者に高い没入感を与えることが可能である。
- ②動揺機構付きDSは、6軸アクチュエータの上に運転台とスクリーンを設ける構造のものが多く、大きい加減速度が再現可能なロングストロークのものやコストパフォーマンスの高いショートストロークのものがある。
- ③傾斜機構付きDSは、支持機構を有しアクチュエータによりDSを傾斜させる。傾斜による重力加速度を用いて運転者に加減速度を提示する。
- ④並進機構付きDSは、リニアモータなどにより並進台の上を移動させる構造になっている。その多くは、動揺装置や運転席の回転機構などを組み合わせて用いられ、大きい加減速度を提示することが可能である。



(a) 定置型DS⁽¹⁾



(b) 動揺機構付きDS⁽¹⁾



(c) 傾斜機構付きDS⁽²⁾



(d) 並進機構付きDS⁽³⁾

図1 DSの種類

3. 並進機構付き先進型DS

3. 1. 機能

本DSは、搭乗する被験者に対して自動車の運転状態を再現することのできる装置であり、危険な実車走行実験を行わずに、緊急時のドライバ特性の究明、新しい安全装置（運転支援システム等）の評価等を実施することができるものである。このためDSは、実際の車両を使用して運転席を設け、マルチスクリーンを使用して運転者の視界を発生させる。また、実車の揺れや加速度などの車両運動を再現するため車体部分を傾斜できる6軸モーション装置、傾斜台とこれを移動できる並進装置が装備される。

これにより、一般道や高速道におけるあらゆる種類の交通環境が再現でき、緊急時から通常時までの運転感覚を模擬することができる。また、プログラムのパラメータを変更して車両特性を自由に設定することが可能であり、任意の車両特性を再現することができる。

3. 2. 構成

図2に、並進機構付き先進型DSの外観を示し、図3に、同DSのシステム構成を示す。本DSの運動感覚の模擬装置については、並進装置、6軸モーション装置、傾斜装置の3つの装置より構成される。DSは、実車を搭載し、その車体部分を傾斜できる6軸モーション装置と傾斜台および水平方向に移動できる並進装置が装備されている。また、DSは前後加速度および横加速度を模擬するために、その方向を水平90°可変できるものである。機器等の構成は、運動感覚模擬装置、運転操作感覚模擬装置、視界模擬装置、音響模擬装置、再現画像ソフトウェア、安全装置である。

運動感覚模擬装置は、一方向のリニアモータ駆動並進装置上に油圧傾斜機構および電動6軸モーション機構が搭載されている。

運転操作感覚模擬装置は、ハンドル、ブレーキペダル等の操作反力を再現する装置や、ハンドル等への加振装置が付加されている。

視界模擬装置は、プロジェクタ方式等のマルチスクリーンが搭載されている。

音響模擬装置は、エンジン音、タイヤ回転音等の自車両の音源に加え他車両の通過音などの環境騒音の音源を再生できる装置が搭載されている。

DSは、運転者からの操縦信号（ハンドル角、ブレーキペダル踏み込み量等）を電算機に入力し、自動車の運動モデルをもとに、位置、速度等の運動状

態量を計算する。それをもとに各模擬装置により運動状態を提示し、運転感覚を模擬する。

3. 3. 性能

運動模擬性能は、以下のシナリオを再現できるものとする。

- (1) 速度100km/hの直進走行より、0.6Gで1秒間減速し、その後0.5Gで減速を続け停止する。
- (2) 速度60km/hの直進走行より、横加速度0.5Gの操舵を行い、そのまま定常円旋回を続ける。

表1は、DSの基本スペックを示し、表2は、再現可能な走行環境を示す。

表1 基本スペック

項目	仕様		備考
体感加速度模擬装置 (最大)	水平方向	短時間：0.6G以上 (持続時間1秒) 連続：0.5G以上	最大周波数は5Hz以上
	上下方向	0.3G以上	
	ジャーク	1.0G/s以上	
	シート加振	5~10Hz以上	垂直
視界模擬装置	前方	視野角：水平200°/上下30° 視点距離：2.5m以上 映像更新レート：60Hz以上 解像度：XGA以上	
	後方	サイドミラー：2台 ルームミラー：1台	
走行音模擬装置	走行音	4chサラウンド以上	
操作感覚模擬装置	ハンドル反力	実ステア機構/ACサーボモータ	ハンドルには電動加振機構付
	アクセル反力	バネ+固体摩擦	
	ブレーキ反力	実ブレーキ機構/ACサーボモータ	

表2 走行環境の再現

項目	仕様	備考
高速道路	走行距離：10km以上 車線数 (片側)：3車線 AND 2車線 道路標識：要 道路形状：直線 AND カーブ (急カーブと見通しの悪いカーブは2つずつ以上)	
市街地	エリア：5km x 5km以上 車線 (片側)：2車線 OR 1車線 道路標識：要 交差点：信号あり AND 信号なし 道路形状：直線 AND 見通しの悪いカーブ	
他車両	車種：セダン、ワゴン、RV車、トラック (大)、トラック (小)、バス、二輪等 总台数：50台以上 (画面上同時に表示できる車両は30台以上なら可) 進行方向：同方向、対向、横方向	
障害物	自転車 (移動/進行方向 AND 横方向) 歩行者 (移動/進行方法 AND 横方向) 落し物 (先行車から/進行方向) ボール・石等 (静止)	
天候	昼間、夜間、雨、霧等	

3. 4. 車両運動シミュレーション

- (1) 運転者の操作量に基づき、自車である乗用車

の車両運動を模擬する。

- (2) 開発した車両運動プログラムを使用することができる。
- (3) 開発したモーション模擬プログラムを使用することができる。
- (4) 横風の風速と風向を設定することができる。
- (5) 路面摩擦係数を設定することができる。

3. 5. 道路画像データベース

図4は、DSに提示する画像の一例を示す。本DSの道路画像は、市街地および高速道路により構成され、夜間および雨、霧の走行環境の変化にも対応が可能となっている。道路上の移動物体は、自動車（バス、トラックを含む）、二輪車、歩行者、自転車、障害物を提示することができる。

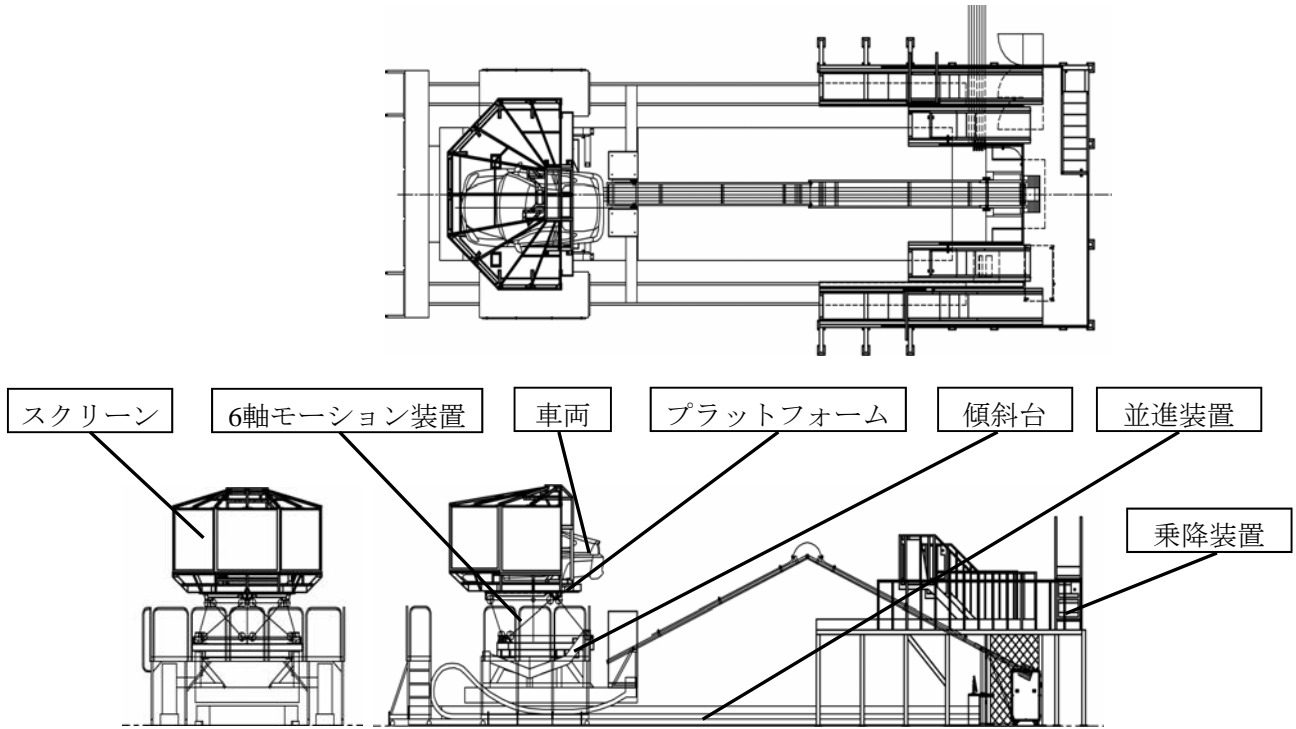


図2 並進機構付き先進型ドライビングシミュレータ

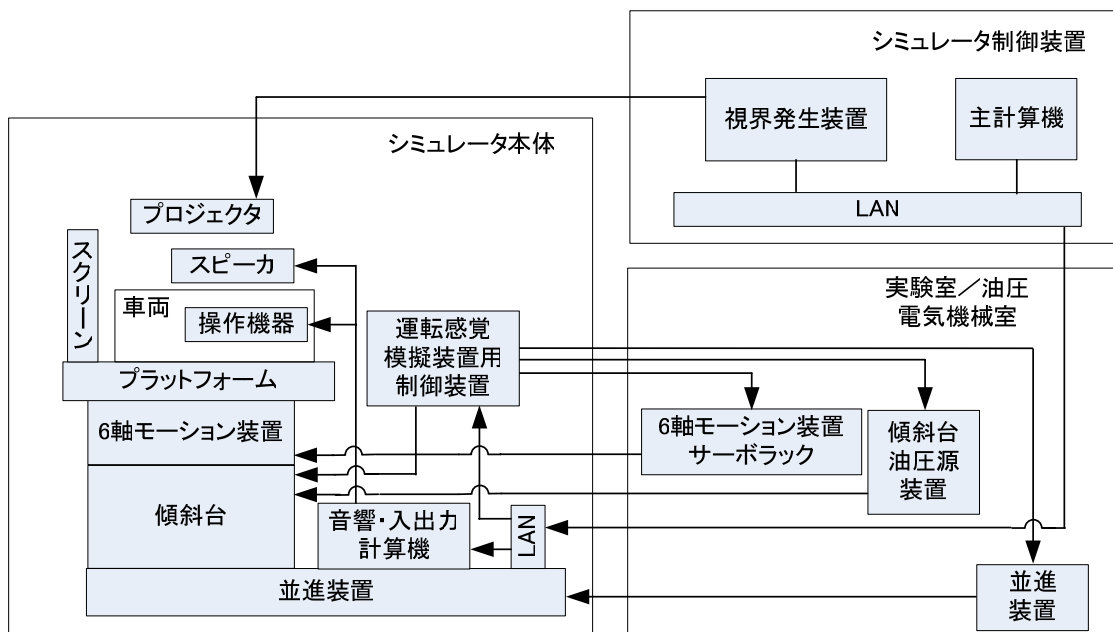


図3 並進機構付き先進型ドライビングシミュレータのシステム構成図



(a) 市街地



(b) 商業地



(c) 夜間



(d) 高速道路



(e) 雨



(f) 霧

図4 ドライビングシミュレータに提示する画像の一例

4. DSによる今後の研究課題

4. 1. 運転者特性の計測

DSは、同条件での再現性が高いことから、比較的外乱に影響されず運転者特性の計測が可能であると考えられる。自動車の設計や支援などのシステム構築において、運転者とのインタフェースが課題に挙げられることが多い。これは、自動車などの機械は確定的に特性を定めるのに対し、人間は確率的に特性を定めることから差異が生じていることが課題と考えられる。機械およびシステムの設計は、運転者の特性を十分に踏まえた上で行うことが望ましい。しかし、人間は、環境の変化などの外乱による影響を受けやすく、その特性を定めることは容易ではない。このような観点からDSを運転者特性の計測に用いることは有効であると考えられる。

4. 2. 運転支援システムの評価

DSは、各種支援システムをコンピュータ上に容易に構築が可能である。例えばACC (Adaptive Cruise Control) やBA (Brake Assist) などの支援システムを構築し、システムの有効性および運転者に与える効果を検討することが可能である。また、システムの設計を変更することで、運転者の受容性に関する検討を行うことができる。

4. 3. DSの性能評価法の策定

産官学においてDSを用いた研究事例が多く報告されている。DSの構造や機能も多様であることから、

それぞれのDSの性能を評価した上で研究条件を設定する必要がある。しかし、現状では、DSの性能についての評価法が確立していないため、実環境と比較した場合のDSの再現性等についても明確に示すことができない。このようなことから、多様なDSについて性能評価を行い分類することが求められているが、このためには、本シミュレータのような総合的な機能・性能を備えたDSによる研究が必要である。

5. おわりに

ここでは、本研究所に導入予定である並進機構付き先進型DSの開発について紹介した。このDSは、運転感覚模擬装置、視界模擬装置、音響模擬装置、再現画像ソフトウェアにより構成されており、総合的な運転状況の模擬が可能である。アクティブセーフティ技術を対象とした運転者特性の計測や運転支援システムの評価などは、本DSを用いた研究課題に挙げられる。また、DSと実環境を比較した際の再現性やそれに伴うDSの性能評価も、今後の研究課題の一つと考えられる。

参考文献

- 1) 日本自動車研究所、<http://www.jari.or.jp>
- 2) 澤田東一、小口泰平、“運転動作解析のためのドライビングシミュレータの開発”、芝浦工業大学研究報告理工系、Vol.40、No.2、31～37、1996.
- 3) NADS at the University of Iowa、<http://www.nads-sc.uiowa.edu/>