

⑪大型ドライビングシミュレータの開発

自動車安全研究部

※田中 信壽

児島 亨

関根 道昭

1. はじめに

現在、自動車基準調和世界フォーラム（WP29）の自動運転専門分科会（GRVA）では、自動運転車に関する法規が議論されている。その中の一つである協定規則第 157 号：ALKS(Automated Lane Keeping Systems)では、自動運転車の衝突リスクは「少なくとも習熟した注意深いドライバ(The Competent and Careful human driver、以下、C&C ドライバ)と同程度」にすることが求められている。

そこで当研究所では、この C&C ドライバの様に運転支援システムや自動走行システムの車両制御の規範となる人間ドライバの運転特性を明らかにするために大型のドライビングシミュレータ（Driving simulator、以下、DS）の施設整備を行った。

2. ドライビングシミュレータの構成

当研究所で整備した DS（日本無線株式会社製）は、6軸動揺装置、ターンテーブル、運転環境再現装置、並進装置及び視覚環境再現装置で構成される（図1）。以下に各装置の概要を示す。

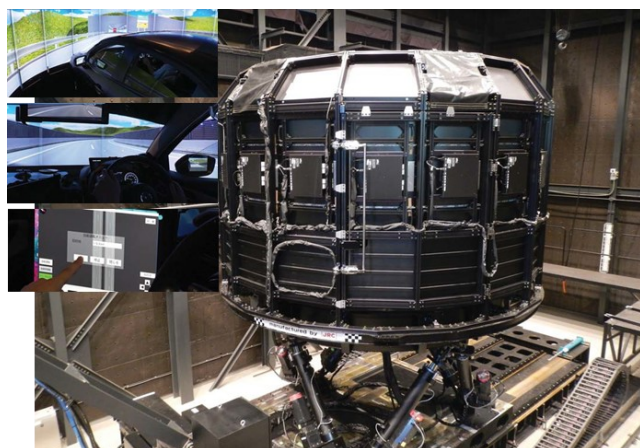


図1 大型ドライビングシミュレータ

2. 1. 6軸動揺装置

6軸動揺装置は、車両に発生する Yaw、Pitch 及び Roll の回転並びに前後、上下及び左右の各方向の直線移動の運動情報をドライバに提供することを目的とした装置である（図2）。可動範囲は、中心

位置から Yaw 最大 ± 13 deg、Pitch 最大 $-15 \sim +13$ deg 及び Roll 最大 ± 14 deg 並びに前後最大 ± 300 mm、左右最大 ± 300 mm 及び上下 ± 290 mm である。最大加速度は、直線方向で ± 500 mm/s²、回転方向で ± 150 deg/s²である。



図2 6軸動揺装置

2. 2. ターンテーブル

ターンテーブルは、交差点の右左折時等で車両に発生する大きな Yaw 回転の運動情報をドライバに提供することを目的とした装置である（図3）。可動範囲は、中心位置から ± 180 deg である。また、最大角加速度は ± 120 deg/s² である。



図3 ターンテーブル

2. 3. 運転環境再現装置

運転環境再現装置は、ステアリングやペダルの操作、ナビ操作、外部騒音等、実車両の運転と同等の操作感をドライバに提供することを目的とした装置である（図4）。ステアリング反力は最大トルク 30 Nm ブレーキ反力は最大推力 300 N 及びアクセル反力は最大推力 150 N まで瞬時に発揮することが可能である。



図4 運転環境再現装置

2. 4. 並進装置

並進装置は、車両が始動から巡航速度に達するまで等の長時間前後方向に生じる加減速度をドライバに提供することを目的とした装置である(図5)。本装置はリニアモータを搭載し、中心位置から前後の水平方向に±4,000 mm 移動することが可能である。発揮できる最大加速度は前後方向で±4,000 mm/s²である。

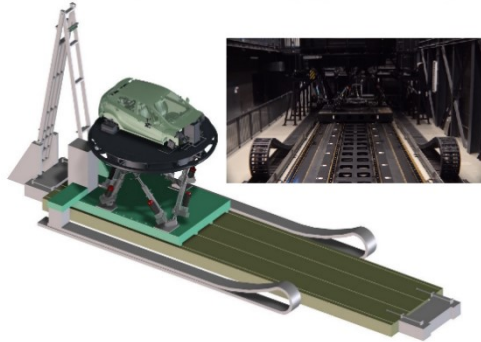


図5 並進装置

2. 5. 視覚環境再現装置

視覚環境再現装置は、実車両の運転時と同等の視覚情報をドライバに提供することを目的とした装置である(図6)。高輝度有機ELディスプレイ(55"、1920×1080 pixel、400 cd/m²、100,000 : 1 (コントラスト比)) 17台を曲面加工し、運転環境再現装置を覆うように直径3.8mの円筒形をなす360°スクリーンを実現している。

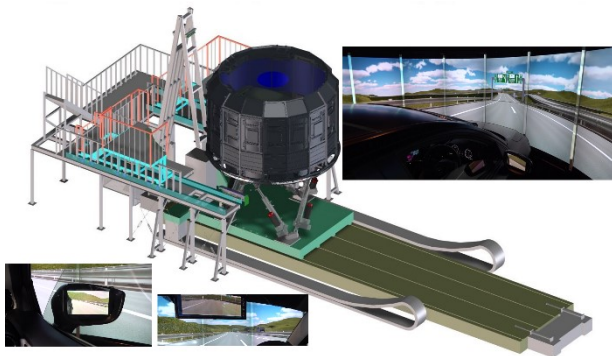


図6 視覚環境再現装置

2. 6. その他の機能

本DSでは、以下に示す実在する道路環境をCGにより仮想空間として模擬することが可能である。

- ・お台場エリア(フジテレビ、東京港湾合同庁舎、東京湾岸警察署等を含む約5 km 四方)
- ・首都高速道路環状線C1
- ・新東名高速道路(引佐連絡路周辺約20 km 分)

また、ドライバが運転する車両の運動はバーチャルメカニクス社製Carsimを用いて再現しており、

Matlab/Simulink 又はC++言語プログラミングで制御することが可能である。車両運動に伴う変数情報(自車位置、自車速度、自車操舵角、他車情報等)をリアルタイムに取得し、その情報を加工して評価対象として模擬した運転支援システムや自動走行機能に利用する(警報を発報する、自動操舵を行う等)ことも可能である。また、現在、以下の運転支援システム及び自動走行機能の模擬が可能である。

- ・Cruise Control 及び Adaptive Cruise Control
- ・AEBS 及び ACSF category C の車線変更機能
- ・Lane Keeping Assist System

インターフェース機能の一つとしてナビゲーション機能も有している。運転環境再現装置は、アナログ入力及びデジタル入力を備えており、視線計測装置等の外部計測機器のデータもDSの情報と同期した状態で収集することが可能である。

3. まとめ

本DSは、ドライバが実環境で実車両を運転する際の運転特性を安全かつ定量的に計測することを目的とした装置である。これを実現するためには、ドライバに実環境における運転時と同等の環境をDSで提供する必要がある。これを実現すべく、上記のような多岐にわたる感覚情報を提供する装置で本DSを構成した。特に、人間が受け取る感覚情報のうち、視覚の重要性が最も高いと考えられることから高輝度有機ELディスプレイを周囲に360°配置し、あらゆる方向から鮮明な映像を提供する点が本DSの特徴である。今後、ドライバの運転行動に基づいて安全上最低限担保すべき運転支援システムの性能や自動運転車の車両制御の規範となるC&Cドライバの運転行動などを明らかにする研究に本DSを使用していく予定である。

また、本DSは、その装置構成によって多くの感覚情報を高い自由度で再現可能となり、臨場感の高い仮想空間を設計できる可能性が高まった。その反面、実環境での運転時に得られる多くの感覚情報を複合的に整合させる必要が生じ、仮想空間の設計の難易度が大きく上がった。実環境との同等性が崩れた仮想空間を不用意に被験者であるドライバに提供した場合、各知覚情報間の矛盾が原因でシミュレータ酔いを発症させてしまう危険性がある。よって、今後は、実環境と高い同等性を有した仮想空間の設計方法や運用方法に関する研究についても進めていく予定である。