① 自動運転車の安全性評価に向けた台上試験機を用いたVRテストシステムの開発

自動車安全研究部　　※中川　正夫　　杉本　岳史　　山本　裕之　　関根　道昭

1．はじめに

自動運転車の安全性を評価するには、自動運転が作動可能な運行設計領域において遭遇しうる様々な交通場面を網羅的に確認する必要がある。国連欧州経済委員会自動車基準調和世界フォーラム(WP29)の自動運転分科会 GRVA 傘下の VMAD (Validation Method for Automated Driving)では、従来の手法にはなかった複数の試験を組み合わせて効果的でかつ効率よく安全性を評価する新しい試験法（NATM: New Assessment and Test Method）が検討されている。NATM には、従前の試験場における実車試験だけでなく、公道における走行試験やシミュレーションを用いたバーチャル試験、さらには自動車メーカの開発段階における監査や使用段階での継続的な調査などが含まれている。

自動運転車の安全性を網羅的に確認する場合は、衝突の生じない交通場面だけでなく、衝突の可能性がある交通場面における被害軽減対策なども試験対象に含まれることになる。しかし、認証審査等において、従来のように実車を使った試験（従来法と称する）によって衝突の可能性のある交通場面も全て確認することは審査工数及び安全性の観点から困難である。

そこで本研究では、多種多様な交通場面を効率よく評価することを目的に、VR (Virtual Reality)テストシステムを開発するとともに評価試験への導入可能性を検証した。

2．VR テストシステム

本システムではシミュレータと台上試験機が対になっており、シミュレータ内部に交通環境（道路、天候）、自動運転車両（評価対象車両）、認識対象車両のモデルを構築している。台上試験機上の自動運転車両の挙動がシミュレータに入力されると、リアルタイムで認識対象車両との距離や相対速度などが計算され、センサ類に入力する擬似信号が生成される。

本システムの開発にあたり、シミュレータに使用するシナリオを生成し、生成されたシナリオをセンサへの入力信号に変換する技術の整理を行うとともに従来法によるベンチマークと本システムによる評価との比較検証及び課題の整理を行った。本システムの構成を図 1 に示す。

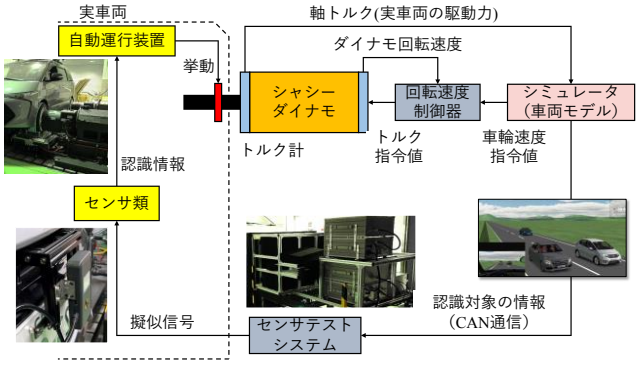

図 1　VR テストシステムの構成

2．1．シミュレータで生成したシナリオ

従来法との比較検証にあたり、VMAD で議論されているシナリオの中から「先行車が自車線から車線変更して静止障害物が出現する交通場面」を用いた。

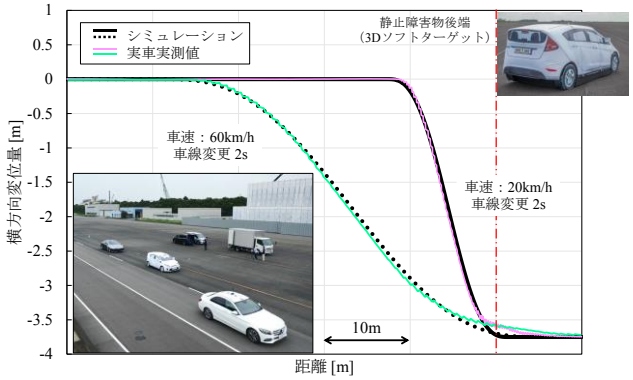

図 2 先行車の挙動の比較

図 2 に認識対象車両である先行車の挙動に関して、従来法によるベンチマークにおける挙動とシミュレ

ーションにおける挙動との比較結果を示す。図 2 より、実車の挙動をシミュレータ上で再現できていることがわかる。

２．２．センサ類への入力信号

各種センサ（レーダ、ステレオカメラ及び LiDAR (Light Detection and Ranging)）の原理に基づいた手法で認識対象物との距離、車速などの情報をそれぞれのセンサに適した入力信号に変換した。

レーダの対象物による反射波はレーダターゲットシミュレータにより遅延させ、擬似的な認識対象を生成した。ステレオカメラへの入力信号として、視差を有する認識対象の左右画像を生成[1),2)]した。これらの入力信号を同期させることにより、車両が同一のターゲットを認識した状況を模擬することができた。

また、現在の技術では LiDAR に入力する擬似信号の生成は困難と考えられることから、車両の周りに何もない状態を模擬する仮想空間の構築を行った。

２．３．VR テストシステムの効果

特定のシナリオ（実走行 1 分）を試行した際の従来法と VR テストシステムによる方法との比較例を表 1 に示す。ここで、サイクルタイムはある条件の開始から次の条件の開始までに要する時間である。また、降雨や逆光など環境条件の再現性に関する得失も示す。

衝突がない場合には、従来法／VR テストシステムともにサイクルタイムが 3 分である一方、衝突がある場合には従来法では衝突によって壊れた 3D ソフトターゲット（静止障害物）を組み立て直す必要があることからサイクルタイムが 15 分となった（いずれも複数条件試行時の平均値）。

また、従来法では、衝突した際に評価対象車両に損傷が生じた場合に車両の交換などコストがかさむことが懸念される。さらに、従来法の試験要員は衝突の有無に関わらず 8 人程度必要である一方、VR テストシステムであれば 3 人程度で運用可能である。

以上より、VR テストシステムは衝突の可能性がある条件であっても室内において安全に評価できるだけでなく、従来法と比較して工数を 90%以上削減できる可能性があることがわかった。

３．まとめ

本研究では、自動運転車の安全性を評価するにあたり、自動運転が作動可能な運行設計領域において遭遇しうる様々な交通場面を効率よく網羅的に検証すべく、シミュレータと台上試験機を用いた VR テストシステムを開発した。

本システムにより、衝突の可能性のある条件においても従来の試験法に比べて安全かつ効率よく評価が行えることがわかった。

なお、あらゆるセンサ構成を持つ様々な自動運転車を評価するためにはまだ技術的課題が残されており、特に降雨など現実では再現性良く試行しづらい条件について引き続き研究をすすめていく。

最後に、本成果は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP 20007）の結果として得られたものである。

参考文献

1) 中川正夫，高橋利道，関根道昭，紫垣卓男，實吉敬二，自動運転車の安全性評価のためのステレオカメラへのシナリオ教示に関する研究，2021 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集，D0303, (2021)

2) 中川正夫，山本裕之，高橋利道，自動運転車の安全性評価のための VR テストシステムにおける画像表示法に関する考察，2021 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集，G97, (2021)

表 1　従来法と VR テストシステムによる方法の比較例

試験法	衝突の有無	工　数			完成車との同等性	交通場面の再現性	環境条件の再現性
		サイクルタイム	人数	人時			
従来法	衝突なし	3 分	8 人	0.4 人時	◎	◎	○
	衝突あり	15 分	8 人	2 人時	△		
VR テストシステム	衝突なし／衝突あり	3 分	3 人	0.15 人時	◎	◎	△