



# 実車両運転型 VR システムの試作

## Prototype of a Real Vehicle-Based Driving VR System

小玉 亮<sup>1)</sup>, 藤枝延維<sup>1)</sup>, 田中 誠大<sup>1)</sup>

Ryo KODAMA, Nobushige Fujieda and Tomohiro TANAKA

1) 株式会社豊田中央研究所（〒480-1192 愛知県長久手市横道 41-1, kodama-r@mosk.tytlabs.co.jp）

**概要：**テーマパークでは運動フィードバックを備えた高臨場感のアトラクションが提供される。しかし、このようなアトラクションは、標準的には敷設されたレール上を走行する VR システムで提供され、ユーザには移動の自由がない。この問題を解決するため、実車両にヘッドマウントディスプレイ（HMD）を装着して乗り込み、バーチャル空間を見ながら運転を行う運転型 VR システムを提案する。今回は、本アプローチのシステムを試作し、実現可能性を検証した。開発者 3 名による主観評価から、車両、頭部、ハンドル、そして手の姿勢トラッキングシステムを備えた VR システムで、15km/h までの運転に関して、自然な運転体験が実現できることを示した。

**キーワード：**自動車、運転、移動感覚、測位

## 1. はじめに

体感型エンタテインメントは、コンテンツを視聴しているユーザに対して振動、風、熱などを提示することで没入感を高め、コンテンツの世界を体感させるエンタテインメントである。特にテーマパークのライド型アトラクションは大型ディスプレイとモーションプラットフォーム（MP）を組み合わせ提供され、運動フィードバックによる高い臨場感が得られる。

しかしながら、このようなアトラクションは、標準的には敷設されたレール上を走行する VR システムで提供される。この方式は、体験時間や施設のレイアウトを正確に設計する必要のあるケースでは有用であるが、ユーザには移動の自由がないために、理想的な VR の構成要素である「実時間の相互作用性」「自己投射性」を十分に達成できないと考えられる。

そこで我々は、広大なコンテンツ提供エリアを自由に移動できるアトラクションを実現するプラットフォームとして、実車両にヘッドマウントディスプレイ（HMD）を装着して乗り込み、バーチャル空間を見ながら運転を行う運転型 VR システムを提案する。今回は、研究の第一ステップとして運転型 VR システムを試作し、体感することで実現可能性を検証する。

## 2. システムの試作

HMD を装着した状態で運転を行うには、バーチャル空間においても運転に最低限必要な視覚情報の再現が必要

となる。具体的には「車両運動に伴う車外の景色の変化」「頭部運動に伴う車内・車外の景色の変化」「手やハンドルの動き」などが挙げられる。このことから、運転型 VR システムには車両、頭部（HMD）、ハンドル、手を高速・高精度にトラッキングし、低遅延でバーチャル空間に再現する仕組みが必要となる。現代のトラッキング技術の特性を考慮すると、図 1 のように車両トラッキングシステムで取得した車両姿勢を基準として、車両に取り付けた頭部トラッキングシステム、HMD に取り付けられたハンドトラッキングシステムの情報を組み合わせてバーチャル空間を構成することが現実的だと考えられる。



図 1: 運転型 VR システムの構成要素

図 2 に具体的なシステム構成を示す。トヨタ車体の一人乗り電気自動車 COMS をベースに、バーチャル空間を提示するための PC（CPU: i9-9900K, Memory: 64GB, GPU: RTX2080）と HMD（HTC 社, Vive Pro）、そして各トラッキングシステムを搭載した。車両トラッキングシステムには

当所開発の測位システム（位置誤差:  $\pm 10\text{cm}$ , 角度誤差:  $\pm 0.3\text{deg}$ , 更新レート:  $100\text{Hz}$ )を用いた。頭部トラッキングシステムには、LP-Research社の移動体向けの頭部トラッキングシステム LPVR-DUOを採用した。LPVR-DUOは、光学式トラッキングシステムと移動体に設置する IMU (Inertial Measurement Unit) の情報が必要なため、Optitrack社の V120: Trio および Motive ソフトウェアと LP-Research社の Platform-IMU が接続されている。ハンドトラッキングシステムには Ultraleap社の Stereo IR170を採用した。ハンドル角度は、ハンドルのシャフトにロータリエンコーダを設置して計測した。

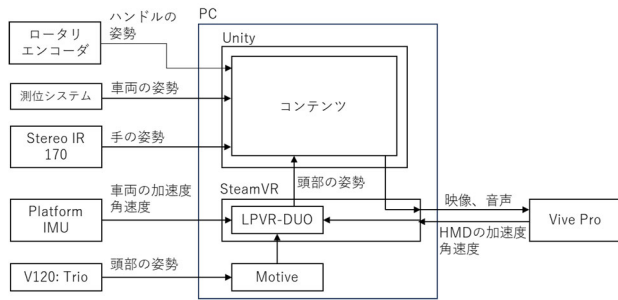
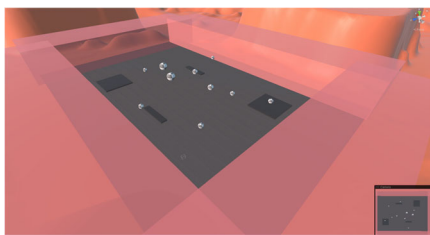


図 2: システム構成

バーチャル空間の構成方法を以下に示す。今回は Unity でバーチャル空間を構成した。まず、実空間と同じ寸法のバーチャル空間を用意した (図 3(a))。本研究では当所の車両実験場 (74m $\times$ 100m のアスファルト舗装された広場) での実験を行うため、74m $\times$ 100m の床と、四方に壁があるバーチャル空間を用意した。バーチャル空間にはバーチャル車両、バーチャルカメラ、そしてバーチャルハンドを用意した (図 3(b))。



(a) 実空間と同じ寸法のバーチャル空間



(b) バーチャル車両

図 3: バーチャル空間の構成

次に、車両トラッキングシステムで計測した車両の姿勢をバーチャル車両の姿勢に反映する。加えて、ハンドル角

度の情報をバーチャル車両のハンドル角度に反映した。頭部トラッキングシステムで計測した頭部の姿勢をバーチャルカメラに反映した。ハンドトラッキングシステムで計測した手の姿勢をバーチャルハンドに反映した。これらの姿勢更新を毎フレーム実行することで、自由に移動できるバーチャル空間を構成できる (図 4)。

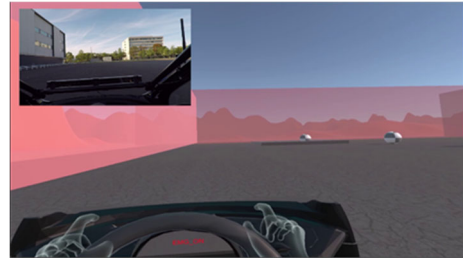


図 4: ドライバが視聴するバーチャル空間

### 3. 動作検証

前述のバーチャル空間を筆者ら3名で体感し、主観評価により動作確認を行った。最大時速は  $15\text{km/h}$  とした。体験の結果、以下のような感想が得られた。「普通に運転できる。運転に関する違和感はない。」「手が表示され、ハンドルが回転していると運転している感覚が強くなる。」「実空間より車速が遅く感じる。」「バーチャル空間の手がよく消える。」

感想やシステムの挙動から、システムには以下のような課題があることが分かった。まず、ハンドトラッキングシステムは晴天時に動作しないことがある。Stereo IR170 は赤外カメラを利用しているため、太陽から照射される赤外線がトラッキングを妨害していると予想される。実空間より車速が遅く感じるのは、おそらく HMD の視野角の狭さが原因である。Preto らの報告から、視野角が狭まると、速度知覚が低下することが分かっている。おそらく、周辺視のオプティカルフローが失われるため速度知覚が鈍くなっているのだと考えられる。

### 4. おわりに

自由に移動できるアトラクションを実現するプラットフォームとして、実車両運転型 VR システムを提案・試作した。開発者による主観評価ではあるが、システムの実現可能性を示した。今後は、車両に振動子をはじめとしたマルチモーダル刺激デバイスを搭載し、体感向上につながる技術の開発に取り組む。一方で、ハンドトラッキングシステムの動作不良、速度知覚の鈍化などの課題も残った。これらの課題解消にも着手する。

### 参考文献

- P. Preto, M. Ogier, H. H. Bühlhoff, and J.-P. Bresciani. "Influence of the size of the field of view on motion perception." *Computers & Graphics*, 33, 139–146, 2009.