

ゲームエンジンを用いたドライビングシミュレーションシステム

武谷龍^{†1} 川合康央^{†1}

本研究では都市部での交通事故防止の為にドライビングシミュレーションシステムの開発を行った。都市モデルの作成にはプロシージャルモデリングが可能な Houdini を用いた。生成した都市モデルをゲームエンジン Unity に取り込んで走行シミュレーションを行えるシステムの開発を行った。これまでのシミュレーションシステムの特徴としてコストの高さ、拡張性が低い専用システムであるという部分があるが、これについてゲームエンジンを活用することで解決することを試みた。

Driving Simulation Systems Using Game Engines

RYU TAKETANI^{†1} YASUO KAWAI^{†1}

In this study, a driving simulation system was developed to prevent traffic accidents in urban areas. Houdini, which enables procedural modelling, was used to create the urban model. The generated city model was imported into the game engine Unity to develop a system that can perform driving simulations. We have tried to solve the problems of conventional simulation systems, such as high cost and low scalability, by using a game engine.

1. はじめに

1.1 背景

現在日本国内の交通事故の件数は減少傾向にあり、交通安全白書によると国内での事故発生件数は 305196 件あり数的には多い傾向にある[1]。また交通事故の中でも死者の数は歩行中が 941 人であり次に自動車乗車中が 860 人となっている。パーセンテージでは歩行中が 35.7%で、自動車が 32.6%である。歩行者と自動車の事故件数は約 3%程度の違いであり、どちらも驚異的な数字である。このように近年、都市の交通インフラストラクチャーの改善と効率化が喫緊の課題となっている。運転者は、複雑な交通状況の中で事故の可能性を認識し、それを評価して運転を行う[2]。交通状況には多様なリスクが存在し、高リスクな状況もあり、それらは瞬時に判断される必要がある。このため、運転者間には大きな個人差が見られることがある[3]。運転者の運転時の状況を正確に把握するためには、測定が必要である。そのため、ドライビングシミュレータを活用することが有用であると考えられる。ドライビングシミュレータとは、実際の車の運転をシミュレートするコンピュータープログラムや装置のことである。安全な環境下で運転スキルを向上させたり、交通事故のリスクを最小限に抑えたりするために、教育や訓練に広く用いられている。また、自動車メーカーや自動車部品メーカー、研究機関などでも、車両の性能評価や運転支援システムの開発などに利用されている。ドライビングシミュレータはゲームエンジンや専用のソフトウェアを活用して構築されている。近年では、高度な 3D グラフィックス技術や物理エンジンの進化により、よりリアルな車両操作と交通状況の再現が可能

になっている。運転者は、シミュレーター上で実際の運転操作を行いながら、様々な交通状況を体験することができる。例として、交差点での信号待ちや車線変更、急ブレーキなどの状況である。またシミュレーターはリアルな道路や都市環境を再現するだけでなく、さまざまな天候条件や交通事故の発生などもシミュレートできるため、様々な状況を体験できるというメリットがある。実際に、米川らは交通事故の防止を目的としたドライビングシミュレータの開発を進めている[4]。また、山中らも自動車同士が同一空間内で操作可能なドライビングシミュレータの開発に取り組んでいる[5]。さらに、岡崎らは株式会社ゼンリンが提供する 3 次元都市モデルデータを利用した VR ドライビングシミュレータによる実験環境の構築を行っている[6]。

本研究では、Houdini と Unity の組み合わせを用いて、都市の 3D モデルデータを活用したドライビングシミュレータの開発を行っている。Houdini はプロシージャルモデリングを行うことができるソフトウェアであり、また高度な 3D グラフィックスと物理エンジンを備えており、リアルな都市環境の再現に適している。一方、Unity ではゲーム開発における幅広い機能を提供しており、アセットなどの仕組みを使うことで実装の負担を減らすことができる。これらのソフトウェアを使い開発を行うことで、リアリティの高い都市を作成し、運転者の運転スキル向上や交通政策の検証に役立つドライビングシミュレータを実現することを目指した。また、本研究では都市内の建物のデータにオープンデータの PLATEAU を使用している。PLATEAU は実世界の都市の 3D データを提供するプロジェクトであり、リアルな都市環境を再現するための貴重なデータソースとなっ

^{†1} 文教大学
Bunkyo University.

ている。これを Houdini での都市モデル開発時に組み込むことで、より現実的な都市交通シミュレーションの作成を試みた。

1.2 先行事例

先行事例として、山中らによるドライビングシミュレータを用いた信号交差点左折時の自転車安全対策の評価実験を挙げる[7]。この研究で行っていることは、協調型のドライビングシミュレータの開発、実験を行っている。協調型ドライビングシミュレータとは、複数の運転者が協力しながら交通状況を体験することができるシミュレータのことである。通常のドライビングシミュレータでは、運転者が個別に車両を操作して交通シナリオを体験する。だが協調型のシミュレータでは複数の運転者が同じシナリオに参加し、リアルな交通状況における協調運転や共同行動を行うことが可能である。この研究では分離方式と混在方式の二つの交差点レイアウトの比較を行っていた。他の事例として、山村らによる VR を用いたドライビングシミュレータの開発と評価がある[8]。この研究では、Unity を用いてドライビングシミュレータを開発している。そして京都府警から提供されたデータを元にシミュレーションの環境構築を行っている。また、VR デバイスを使って、アイトラッキング（人間の視線の動きを記録、計測する技術）を行い視線のデータの記録を行うとのことである。高久らによるドライビングシミュレータにおけるカーブ走行時のカーブ半径と道路幅が運転に及ぼす影響の調査では、今まで構築してきたドライビングシミュレーションシステムを改良してカーブ走行時のカーブ半径と道路幅の影響についてデータ取得ができる専用システムへ変更を加え研究を行っている[9]。また、高桑らはシミュレーター酔い低減を目指したドライビングシミュレータを開発している。こちらの論文では、シミュレーター酔いを低減するアルゴリズムについて報告を行っている。[10]

1.3 目的、目標

本研究の目的は、交通事故の防止である。交通事故は社会的な問題と背景部分で述べた通り、その被害は非常に大きなものとなっている。そこでドライビングシミュレータを開発し、交通事故の減少を試みたい。本研究の目標は、低コストかつ効果的なドライビングシミュレータの開発である。従来のドライビングシミュレータは一般的に高コストかつ専用システムとして開発している為、拡張性が低いということが挙げられる。また、コストの高さ故に一部の専門機関や研究機関だけでの利用が限られていることが多いと考えられる。そこで、ゲームエンジンを活用することで、多少コンピュータのスペックが必要になるものの一般的なパーソナルコンピュータでの利用が可能な低コストシミュレータの開発を目指す。また、ゲームエンジンを利用することで、ソースコードへのアクセスを容易にし、カスタマイズや拡張がしやすいシステムを構築することも目

標とする。オープンソースのゲームエンジンを利用することで、研究者や開発者などの利用者が自由にシミュレータの機能を変更し、独自のシナリオや挙動モデルを導入することができる。これにより、交通状況や運転シミュレーションの精度を向上させ、さまざまな研究や教育に応用できる柔軟性を持つシステムを構築することが可能にしたい。また、ゲームエンジンを活用する他、ゲームのユーザーインターフェースを参考にすることで、利用者がより容易にシミュレータを利用できるようにしたい。ゲームのインターフェースとは、ユーザーが操作、体験をする際に楽しみながら遊ぶ為、そのインターフェースは直感的かつ使いやすく、ストレスなく遊べるように設計されている。そのため、ゲームのインターフェースをドライビングシミュレータに取り入れることで、運転体験をより直感的に行えるようになる。それにより、利用者の参加意欲、学習効果を高めることが可能になると考えられる。また、オープンデータを活用することで、都市の 3D モデルを取得し、シミュレーション環境の構築におけるコストを抑えることも目標とする。オープンデータは広く公開されており、多様な都市環境や交通シナリオをリアルに再現するための貴重な情報源として利用できる。今回は国土交通省が公開している PLATEAU の都市モデルの建物のデータを利用している。このような目的と目標をもとに、ゲームエンジンを活用した低コストかつ柔軟性のあるドライビングシミュレータの開発を進め、交通事故の防止に貢献したい。

2. 開発環境

2.1 開発環境

本研究では、都市交通シミュレーションの開発において、プロシージャルモデリングソフトである Houdini、オープンデータの PLATEAU、そしてゲームエンジンの Unity を開発に使用している。これらの優れたツールの連携により、よりリアリティのある都市交通シミュレーションの実現を試みた。

2.2 Houdini

まず、プロシージャルモデリングソフトである Houdini について、Houdini は、従来の 3D モデリングソフトとは異なるアプローチでモデリングを行う。通常の 3D モデリングソフトでは、モデルの形状やテクスチャなどを手作業で作成する必要がある。だが Houdini はプロシージャルモデリングを行う。プロシージャルモデリングのプロシージャルとは、数学的なアルゴリズムや式に基づいてモデルを生成する手法のことである。これにより手作業では難しい複雑な形状やパターンを自動的に作成することが可能であり、また、後に修正が必要になった際に、手作業でのモデリングより容易に 3D モデルの修正を行うことが可能である。

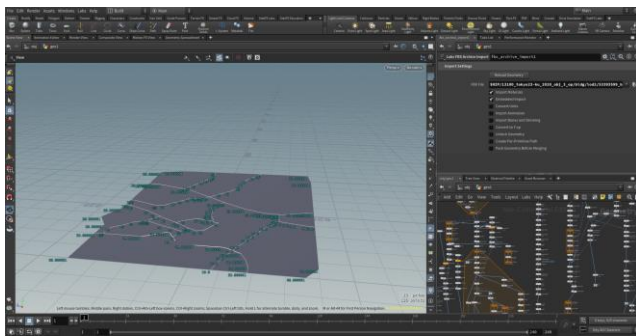


図 1 Houdini
Figure 1 Houdini

2.3 PLATEAU

次に、オープンデータの PLATEAU について考える。PLATEAU は実世界の都市の 3D データを提供するプロジェクトであり、リアルな都市環境の再現に非常に有用である。PLATEAU のデータを Houdini に持っていくことで、現実的な地形や建物の配置などが容易に行えると考える。なお、今回は Houdini に建物のデータを持っていっている。

2.4 Unity

Unity は、その優れたリアルタイム 3D シミュレーション機能と幅広い開発ツールにより、ゲーム制作だけでなくシミュレーション開発にも非常に適していると考えられる。ゲームエンジンの特長を活かし、都市交通のリアルタイムシミュレーションや運転者の視点からの視覚化を可能にすることで、より直感的で実践的な都市交通シミュレーションを実現することが可能になると考えられる(図 2)。Unity の優れた点は、直感的なインターフェースと豊富なコンポーネントであると考えられる。これによりユーザーが独自のシミュレーションシステムを容易に構築できる。また、リアルタイムのプレビューやテスト機能により、利用者がシミュレーションの動作やグラフィックスを即座に確認しながら改良を加えることができる。さらに、Unity のアセットストアには様々なアセットが存在する。これらを利用することで都市交通シミュレーションに必要な機能、モデル、エフェクトなどを簡単に組み込むことができる。これにより、効率的かつ効果的な開発が可能になると考えられる。また、ゲームエンジンの利用により、利用者は手軽に都市交通シミュレーションを構築できるだけでなく、シミュレーション結果の視覚化や利用者とのインタラクションをゲームのインターフェースを参考にして行うことができる。これにより、より直感的で使いやすいシミュレーション環境を提供し、交通事故の防止や都市交通政策の立案に役立つ可能性が高まると考えられる。

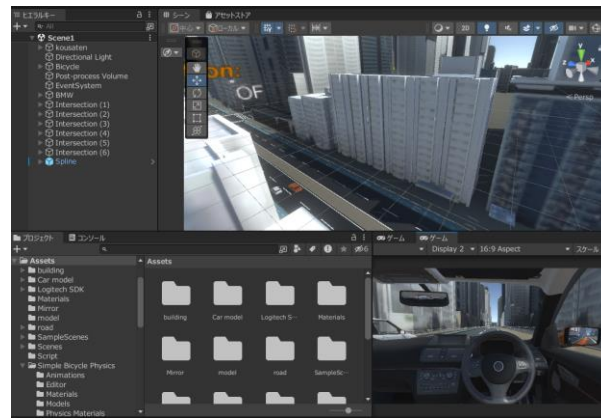


図 2 Unity
Figure 2 Unity

3. 開発工程

3.1 全体

本章では、ドライビングシミュレータの開発工程について述べる。開発には Houdini, PLATEAU, Unity, ロジクール G29 ハンドルコントローラーとフットペダルを使用している。G29 ハンドルコントローラーとは、ゲーム用のハンドルコントローラーである。主にレーシングゲームやドライビングシミュレータなどで使用されることが多い。また、フットペダルも付属している。ハンドルの硬さなども変更できる為、よりリアリティのあるシミュレーションにすることができる。またシステム構成図は図の通りとなっている(図 3)。PLATEAU の都市モデルだけを Houdini に移動し、Houdini にてモデリングを行い道路モデルの生成する。そして都市モデルをマージ、それらのデータを出力する。出力された都市モデルのデータを Unity で読み込む。Unity では車両モデルを追加で読み込み、読み込んだ車両を動かすようにプログラムを書き車両の実装を行った。シミュレーション内ではハンドルコントローラーの入力を Logitech Gaming SDK を使うことで受け取り操作を車両に反映している。Logitech Gaming SDK とはロジクールが提供するゲーム向けのソフトウェア開発キットであり、ロジクールのゲーミングデバイスをカスタマイズし、ゲームに統合するための API やライブラリが含まれている。

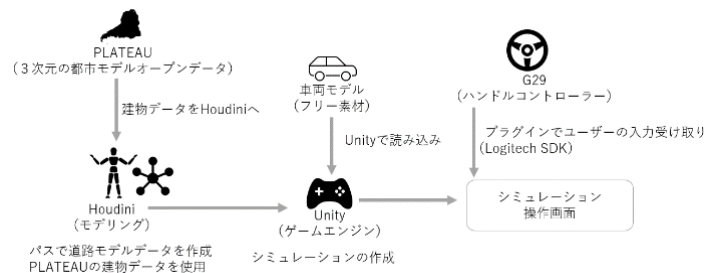


図 3 システム構成図
Figure 3 system configuration diagram.

3.2 モデリング

開発工程において、Houdini のジオメトリを用いて道路環境のモデリングを行った。Houdini は強力なプロシージャルモデリングソフトウェアであり、その柔軟性と高度な 3D グラフィックスエンジンにより、リアルな都市環境を効率的に生成することが可能であると考えられる。ジオメトリを活用することのメリットとしては、モデリング作業の人的コストを低下させることができる点が挙げられる。ノードを用いてモデリングを行う為（図 4）最初に手間がかかるが、その後、モデルの修正などは道路のパスやノードの値を変更することで、修正を行える。また、モデリング作業には、PLATEAU の建物データを取り出し、Houdini にて取り込む。その後、道路のパスを生成（図 5）、道路のパスに道路のデータを入力、その後、PLATEAU の建物データを道路に沿って生成することで都市モデルの生成を行った（図 6）。既存の都市を作るのではなく、オリジナルの都市を作れるということは、ドライビングシミュレータで特定の環境下で走行テストをしたいという状況で役に立つ。また、既存の都市の再現なども行える。

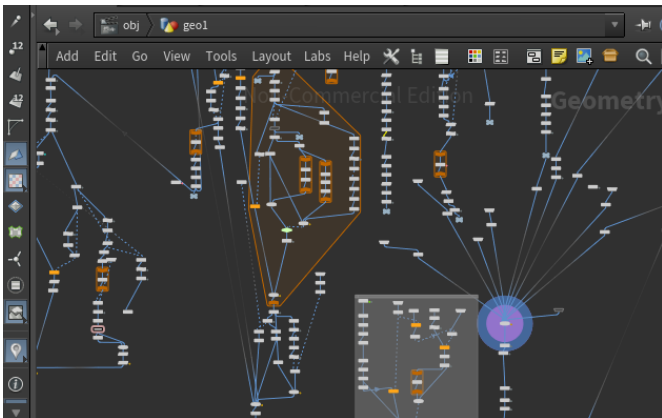


図 4 モデリング画面

Figure 4 Modeling Screen

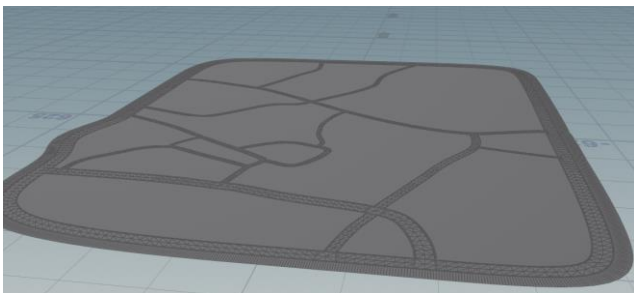


図 5 道路モデル

Figure 5 Road model

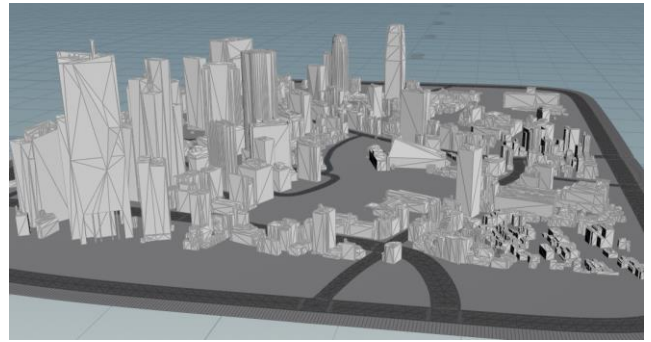


図 6 道路モデルに建物をマージ

Figure 6 Merge road model and building model.

3.3 ゲームエンジン

都市交通シミュレーションの実装に Unity ゲームエンジンで開発を行った。Unity は幅広い機能を提供するプラットフォームであり、ゲーム開発における 3D モデリングや物理エンジン、アニメーション、入力コントロールなどの要素を総合的にサポートしている。車両はフリーの 3D モデルを利用している。これを Unity で読み込み、プログラムによって車両の動きを制御している。ハンドルコントローラーやペダルキーボードに対応させるための入力コントロールの実装も行っている。ハンドルコントローラーとの連携には、Logitech Gaming SDK を活用している。この SDK を利用することで、Logitech G29 などのハンドルコントローラーを Unity と接続することができる。これを使いリアルな運転操作をシミュレーションに反映できるようにした。またフットペダルでの移動が可能である。車両にはカメラを設置し、運転者視点でのリアルな視界を再現している。

（図 7）さらに、鏡の実装にはカメラを利用している。サイドミラーとバックミラーを実装しており（図 8）側方や後方の様子が表示されている。これにより、運転者が周囲の車両や交通状況を確認できるようになっている。カメラで側方と後方の様子を写し、その映像を鏡部分にテクスチャとして映すことで実装している。また他車両の実装も行っている。都市交通シミュレーションでは、他車両の存在も考慮する必要がある。そのため、他車両を実装した。これらの車両は Unity のスプライン機能（図 9）を用いて動かしている。スプラインを車の動かしたい場所に沿って配置していく。そしてスプラインアニメーション機能を用いることで、スプラインに沿って車両が動くという仕組みである。以上のように、Unity ゲームエンジンをベースにして車両や入力コントロール、Logitech Gaming SDK との連携、カメラや鏡の実装、他車両のシミュレーションなど、多様な要素を組み合わせることで都市交通シミュレーションの開発を行っている。



図 7 車内の様子

Figure 7 Inside the car



図 8 サイドミラーとバックミラー

Figure 8 Side mirror & Back Mirror

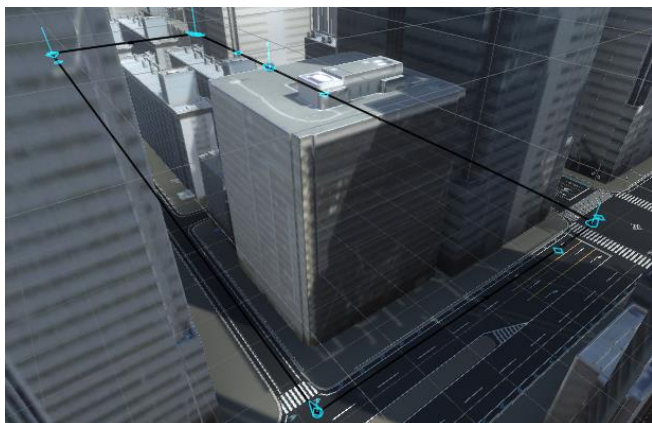


図 9 スプライン

Figure 9 Spline

4. まとめと課題、展望

4.1 まとめ

本研究では、ゲームエンジンを用いた都市交通シミュレーションシステムの開発を行った。目的は交通事故の防止することだった。開発工程では、プロシージャルモデリングソフト Houdini を活用して道路環境や都市のモデルを作成した。また、オープンデータの PLATEAU から得られた建物データを統合し、リアルな都市環境の再現を試みた。さらに、ゲームエンジンの Unity を利用して車両や入力コントロールを実装し、Logitech Gaming SDK を用いてハンドルコントローラーとの連携を行った。実装した都市交通シミュレーションシステムでは、運転者の視点から都市内を自由に運転できるリアルな体験をできるようにした。運転時の状況把握や安全な運転判断を支援するため、カメラと鏡の実装により運転者の視界の再現を行った。また、他車両もスプライン機能を利用して実装した。

4.2 課題

本研究においていくつかの課題が浮き彫りになった。モデリングにおいては、都市モデルの生成に時間がかかる点がある。複雑な都市環境を再現するためには多くの建物や道路を生成する必要があり、生成の最適化が課題となっている。また、ゲームエンジンに関連する課題として、他車両の動きに違和感があるという点がある。シミュレーション内の他車両の運転挙動がスプラインアニメーションを利用している為か、違和感のあるものとなってしまった。また、事故防止をするためには車両についてのデータを取り、そのデータを元に分析などを行えるようにする必要がある。だが、現時点ではその機能が実装されていないことが課題である。また、NPC の車両が信号に合わせて停止することができていない点も問題として挙げられる。これらの課題を解決し、より洗練された都市交通シミュレーションシステムを実現するためには、モデリングの効率化や都市データの活用、ゲームエンジン内の物理挙動やコントロール機能の改善が必要である。

4.3 展望

今後の展望としては 4.2 の課題の項目にて上げた課題の解決を行いたい。

4.3.1 他車両

まず他車両の挙動改善、現時点では他車両の挙動に違和感がある。原因がスプラインを用いて実装しているということも考えられる。そのため、他車両の制御方法にスプラインではなく Waypoint を利用して、Waypoint を目指して車が移動する。といった他の方法を活用することで、よりリアルな挙動を実現し、運転シミュレーションの信憑性を高めたいと考えている。また、信号に合わせて他車両が停止する機能の実装を行いたい。これにより現実的な交通状況を再現したい。

4.3.2 ハンドルコントローラー

次にハンドルコントローラーとの連動である。ハンドルコントローラーの動きに合わせて、シミュレーション内の車両のハンドルも動くようにしたいと考えている。これにより、さらに没入感のある運転体験ができるようにしたいと考えている。また、実装方法について検討を進め、操作性を向上させることを目指したい。

4.3.3 評価

シミュレーション評価手法の構築を行いたい。シミュレーションシステムの評価に向けて、定量的評価方法を導入したいと考えている。定量的評価とは、主に数値や統計的なデータを用いてシミュレーションシステムの性能や有用性を客観的に評価する手法である。都市交通シミュレーションの場合、シミュレーション内の車両や交通状況の挙動を分析し、実際の交通事故データや既存の交通シミュレーションの結果と比較することで、シミュレーションの精度やリアリティを評価できると考えられる。速度や事故発生

前後の車両の角度などのデータを収集し、既存の交通事故研究やデータとの比較を通じてシミュレーションの有用性を評価できるようにしたいと考えている。

4.3.4 環境の再現

環境情報の追加を行いたいと考えている。例えば、日の出ていない時間帯、夜間の実装を行い、車両にライトなどの実装を含めた環境情報を取り入れる。さらに、時間だけではなく、天候の実装により雨や雪などの要素を取り入れ、環境に応じた車両挙動や視界の影響を考慮した再現を目指したいと考えている。

謝辞 本研究は、新道路技術会議道路政策の質の向上に資する技術研究開発及び JSPS 科研費 JP23K11728 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 内閣府:『交通安全白書 令和4年版』, 勝美印刷, 236p(2022).
- 2) I. D. Brown, et al: Risk perception and decision taking during the transition between novice and experienced driver status, *Ergonomics*, vol.31, no.4, pp.585-597, 1988.
- 3) 蓮花一己:運転時のリスクテイキング行動の心理的過程とリスク回避行動へのアプローチ, *IATSS Review*, vol.26, no.1, pp.12-22, (2000).
- 4) 米川 隆, 阿賀 正巳, 門脇 美佐, 名切 末晴, 坂口 靖雄, 荒木 厚:市街地走行で現実感のあるドライビングシミュレータの開発, *自動車技術会論文集*, vol. 39, no. 6, pp. 29-34(2008).
- 5) 山中, 溝口, 永松:ドライビングシミュレータを用いた信号交差点左折時の自転車安全対策の評価実験, *土木学会論文集 D3 (土木計画学)*, vol. 73, no. 5, pp. I_717-I_722(2017).
- 6) 岡崎泰勢, 高橋 翔, 丸山 凌平, 萩原 亨: Virtual Reality Driving Simulator を用いた市街地交差点における右折ドライバの横断歩行者認知に関する研究, *交通工学論文集*, vol. 8, no. 2, pp. A_185-A_193(2022).
- 7) 山中 英生, 溝口 諒, 永松 啓伍:ドライビングシミュレータを用いた信号交差点左折時の自転車安全対策の評価実験, *土木計画学研究・論文集*, vol. 34, pp. I_717-I_722(2022).
- 8) 山村祥大, 桑原教彰: VR を用いたドライビングシミュレータの開発と評価, vol. 73, no. 5, pp. I_717-I_722(2017)
- 9) 高久拓海, 船崎友稀奈, 瀬戸徳, 中村聡史, 山中祥太:ドライビングシミュレータにおけるカーブ走行時のカーブ半径と道路幅が運転に及ぼす影響の調査, *Vol.2021-HCI-195 No.17*(2021)
- 10) 高桑 義直, 栗屋 伊智郎, 後藤 真弘: シミュレーター酔い低減を目指したドライビングシミュレータの開発, *三菱重工技報 Vol.46 No.3* (2009)