

プロシージャルモデリングによる道路環境を用いた ドライビングシミュレーションシステムの開発

武谷龍^{†1} 内藤大喜^{†1} 長嶺安尚^{†1} 川合康央^{†1}

概要: 本研究は、都市部での交通事故防止に関するデータ取得が可能なドライブシミュレーションシステムの開発を行ったものである。都市モデルとして、プロシージャルモデリングが可能な Houdini を使い、数式と処理を組み合わせ、バスから道路モデルや交差点を生成した道路環境のモデルを制作し、これをゲームエンジン Unity 及び UnrealEngine に取り込んで開発した。これまでのシミュレーションシステムは、一般的にコストが高く、その拡張性も低い専用システムであることが多かった。本システムでは、ゲームなどのインタフェースを参考として、ユーザがシステムを直感的に操作可能なものとし、また交通実験に際して様々な設定の追加が可能なシミュレーションシステムを開発した。

1. はじめに

現在、我が国における交通事故発生件数及び負傷者数は減少傾向にはあるが、令和 4 年交通安全白書[1]によれば、令和 3 年の国内における交通事故発生件数は 305,196 件であり、死者数は 2,636 人、負傷者数は 36 万 2,131 人であったとされている。交通事故死者数を状態別に見ると、歩行中 (941 人, 35.7%) が最も多く、次いで自動車乗車中 (860 人, 32.6%)、自転車乗用中 (361 人, 13.7%)、自動二輪車乗車中 (332 人, 12.6%) となっている。また、交通死亡事故発生件数を道路形状別に見ると、交差点内 (899 件, 34.8%) が最も多く、次いで一般単路 (819 件, 31.7%) となっている。近年、自動運転や運転支援システムに関する開発や高度道路交通システムの取り組みが進められているが、交通事故削減のためには、地域の課題と実情に則した交通安全対策を重ねていく必要がある。

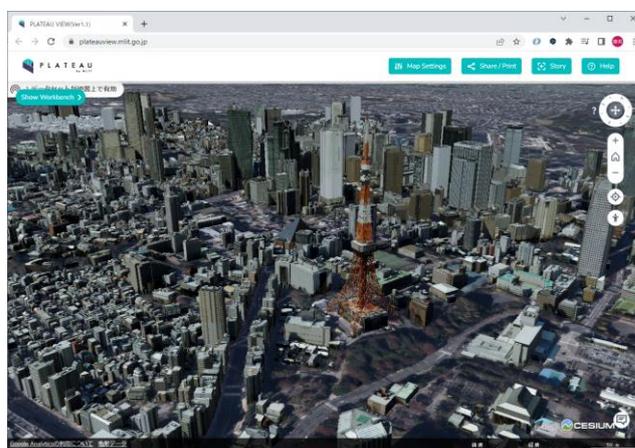
自動車運転者は、複雑な交通状況の中で事故発生の可能性を知覚し、これを評価して運転している[2]。交通状況中のリスクは、多様であり、高リスクであり、瞬時に判断されるため、個人間の際が大きい[3]。そこで、運転者の行動特性や認知エラーを測定するために、ドライブシミュレータを利用した評価がなされている。米川らは、交通事故の予防安全を目的としたドライビングシミュレータの開発を行っている[4]。また山中らは、自転車と自動車を同一空間内で運転操作が可能な協調型ドライビングシミュレータの開発を行った[5]。岡崎らは、株式会社ゼンリンによる 3 次元都市モデルデータを用いた VR (Virtual Reality) ドライビングシミュレータによる実験環境を構築している[6]。

先行研究で多く用いられているドライビングシミュレーションシステムとして、“UC-win/Road”が挙げられる[7]。これは、都市の 3 次元リアルタイムシミュレーションが可能なソフトウェアであり、土木計画や交通シミュレーション

など幅広い用途で用いられている。各種 CAD データや地理情報データを活用することが可能であり、国内でのシェアも高い。一方で、専用システムとして開発されているため、利用コストが高く、機能の拡張についても限定的なものとなっており、ユーザが自由に条件の設定を行うためにカスタマイズすることは難しい。また、基盤となるシステムが古いため、現在の技術から見るとビジュアライゼーションが忠実ではないと言った課題が挙げられる。そこで本研究では、ゲーム開発環境であるゲームエンジンを活用することによって、自由にソースコードにアクセスし、必要に応じて柔軟にシミュレータを修正可能なシステムの開発を行うこととした。実際に日々利用され、また交通事故が発生している、実在する道路環境のなかで、運転者の運転状況を測定することを目的として、ゲームエンジンとオープンデータを活用し、低コストで利用可能なドライビングシミュレータの開発を行った。

2. 都市モデリング

本研究では、大規模都市モデリング制作環境として、道路環境のモデリングは、手続き型モデリングが可能な 3DCG ソフトウェアである Houdini を用いた。また、建物



モデルとして、国土交通省による 3D 都市モデルのオープンデータである PLATEAU[8]を使用した (図 1)。

図 1 PLATEAU VIEW [8]

本研究で開発環境として用いた Houdini は、ジオメトリを活用してモデリングを行うことができる 3DCG ソフトウェアである。通常、3 次元 CG をモデリングする際には、視覚的情報で随時確認しつつモデリングを行う。一方、ジオメトリを用いたモデリングでは、数式と処理の組み合わせによりモデリングを行うことができる (図 2)。これにより、可逆的にモデリングを行うことができ、広範囲の都市モデルなどを手順に沿ってモデリングすることが可能であり、モデリング作業の人的コストを下げるができる。また、各種ゲームエンジンとの組み合わせにより、互いの短所を補うことができる。さらに、Houdini 内での数式をゲームエンジン内で変数として調整することが可能であり、ゲームエンジンでの開発中に動的にモデルの調整を行うことができる。



図 2 Houdini による都市モデル開発画面

Houdini をモデリングに用いる利点として、ゲームエンジン Unity や Unreal Engine5 との互換性の高さがあり、Houdini で作成可能なデジタルアセットである HDA ファイルのパラメーターを、そのまま各ゲームエンジンへと持っていくことができることが可能な点が挙げられる。また、Blender やその他の 3DCG ソフトと異なり、3D モデルの生成が全て数式と処理によって行われているため、変数を変えることによって、様々な種類のモデルを自動生成することができる。そのため、後からモデルに変更を加えることが容易であり、今回のような大規模な道路環境のモデリングでは Houdini が最適であると考えられた。

道路環境のモデル開発では、まず道路のパス (線) を用意し、そのパスに対して、道路 1 車線の幅や、車線の数、自転車道の幅、自転車道路の種類、用水路の幅、歩道の幅などを変数に設定することで、道路環境を自動で生成できるものとした (図 3,4)。線の交わる交点箇所に交差点を生成し、横断歩道や信号機、道路の停止線などが自動で配置され、道路の縁石に沿ってガードレールが生成されるものとした。交差点の検出には“neighbourcount”という頂点に繋がっているパスの数を取得する関数を使用しており、ここでは、

その数が 3 つ以上のものを交差点と定義した。また、オブジェクトの UV 展開は自動展開されるようにしており、密度を全てそろえるために、“Texel Density”を使用している。建物に関しては、オープンデータの PLATEAU のモデルを使用している。



図 3 道路のパスの状態

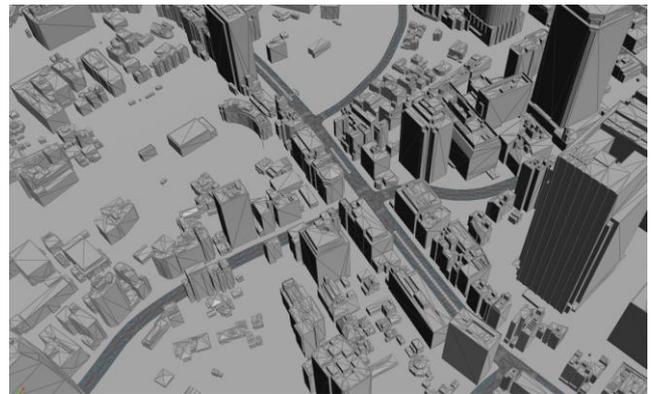


図 4 生成された道路

モデリングの課題としては、ハードウェア性能により、生成する範囲が広すぎると処理が重くなることが挙げられる。また、プロシージャルモデリングのため、信号の配置などが実際のものとは異なっていることがある。パスによる道路生成の課題としては、交差点が T 字路と十字路のみの対応であること、山道などの高低差がある道路に対応できていないこと、角度によっては交差点がうまくつながらないこと、バス停などが生成できていないことなどが挙げられる。

3. ゲームエンジンでのインタラクション

本研究では、システム開発環境として、ゲームエンジン Unity 及び Unreal Engine の二つの環境を用い、その違いについて検証を行うこととした。

まず、ゲームエンジン Unity の特徴として、アセットなど外部プラグインが豊富であることや、動作が軽いこと、また、外部接続機器であるハンドルコントローラーとの接

続が容易であることが挙げられる。Unity での開発は、まず PLATEAU, Houdini で作成した都市 3 次元モデルを Unity にインポートし、道路、建物、信号機等の設置物に対してコライダーによる当たり判定を付与する。操作する車両は、インポートした自動車モデルに対して、ハンドルコントローラーやキー入力によって作動するようホイールにメッシュを付与し、運転者目線になるようメインカメラを設置した。また、実写と同じく車内から前方だけでなく、側方、後方を確認可能なよう、バックミラー、サイドミラーに映像を投影するためのカメラも設置した。シーンには、現実感をもたせるため、Post Processing を用いた。さらに、他車両を自動走行させるため、Standard Assets を用いた。自動車が行くルートに Waypoint を配置することで、設置したルートを自動で走行可能なものとした。一方で、この実装方法では、自動運転の挙動が安定しないという課外が挙げられた (図 5, 6)。

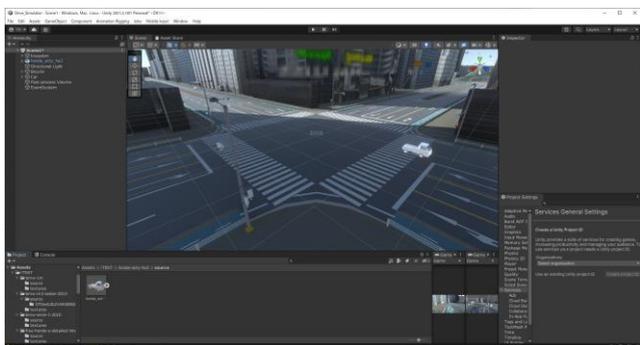


図 5 Unity の画面



図 6 Unity による運転時の車内の様子

Unity とともに、Unreal Engine 5 でも開発を行った。Unreal Engine 5 と Unity との違いは、初期設定でのレンダリング性能が高いという点、開発にプログラミング言語を用いずともブループリントを活用することで開発ができるという点、Houdini との互換性の高さ、ハンドルコントローラーへの対応の容易さなどが挙げられる。まず、PLATEAU, Houdini で作成した都市モデルを Unreal engine にて読み込み、当たり判定などを修正した。この修正は Unreal engine 内の設定を変更するだけで完了した。次に車両モデルを作成した。車両の作成には Chaos Vehicle プラグインを利用した。また、作成した車両にはミラーが無い為、シミュレー

ション内にカメラを配置し、カメラに映った映像をマテリアルにしたものを、ミラー部分のメッシュに適応することでミラーを再現した (図 7)。



図 7 UnrealEngine による運転時の車内の様子

また、ハンドルコントローラーに対応も RawInput プラグインを利用することで容易に行うことができた。このプラグインは、XInput に対応しない特定のデバイスへ対応させることができるプラグインである。次に、自動運転の車を実装した。こちらは事前に動く通路にスプラインを配置しておき、その通路通りに走らせるというものである。スプラインの配置に時間がかかるという点が課題として挙げられる (図 8)



図 8 自動運転車両のスプラインの配置



図 9 ビヘイビアツリーによる NPC の動き

歩行者の作成も行った。こちらは、ナビメッシュ上 (都市モデル上にエリアを指定する機能) を歩きまわることができる。この NPC (ノンプレイヤーキャラクター) の作成には、ビヘイビアツリーを活用している。ビヘイビアツリ

ーは、NPC に対して簡易な人工知能を割り当てる為の機能である。今回作成した NPC は、歩道や横断歩道など、指定したエリア内を一定時間ランダムに歩き、待機時間を挟んで再び歩き始めるという行動を繰り返すよう設定した。また NPC は、ブループリントを読み込み、シミュレーション内に配置するだけで容易に増やすことが可能である (図 9)。

4. まとめ

本研究では、プロシージャルモデリングとゲームエンジンによる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。Houdini による都市モデリングにより、大規模な都市道路環境であっても、道路や交差点の自動生成が可能であった。設定によってモデリングの変更が可能となるため、横断歩道の形状や自転車専用道路のデザイン、信号機の位置などを変更した環境を準備することが可能であった。一方で、交差点形状への対応が限定的であること、高低差に対応できていないこと、角度によっては交差点がつかないなどの課題があった。また、大規模な都市モデルを作成した際、ハードウェアの性能により処理が重くなってしまふという課題が残った。ゲームエンジン Unity では、車両操作とバックミラー・サイドミラーの再現、他車両の自動走行などを実装した。今後の課題としては、自動運転の他車両の挙動を制御すること、信号機と自動車の連動の実装、などがある。また、Unreal engine でも、車両操作、ミラーの再現、他車両の自動走行を行うとともに、歩行者の再現も行った。スプラインの作成が大変という点はあったが、プレイヤーの車が動いた位置を記録し、これを元にスプラインを設置するという手法で解決することを計画している。また歩行者の実装においても、ランダムな移動は不自然なものとなったため、特定の目的地を設定することでより現実的なシミュレーションを作成できると考えられる。今後、実際に発生した交通事故の再現や道路計画に基づくシミュレーションが可能なようシステムの改善をはかるとともに、複数人の操作者による協調型シミュレーションシステムへの展開をはかっていくこととする。

参考文献

- [1] 内閣府. 交通安全白書 令和 4 年版. 勝美印刷, 2022, 236p.
- [2] Brown, I. D. and Groeger, J. A.. Risk perception and decision taking during the transition between novice and experienced driver status. *Ergonomics*, 1988, vol.31, no. 4, p.585-597.
- [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*, 2000, vol.26, no.1, p.12-22.
- [4] 米川隆,他. 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*. 2008, vol.39, no.6, p.29-34.
- [5] 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. *土木学会論文集 D3 (土木計画学)*. 2017, vol.73, no.5, p.I_717-I_722.
- [6] 岡崎泰勢, 他. *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*. 2022, vol.8, no.2, p.A_185-A_193.

- [7] “製品情報 : UC-win/Road”. <https://www.forum8.co.jp/product/ucwin/road/ucwin-road-1.htm>, (参照 2022-12-14).
- [8] “PLATEAU VIEW App | 3D 都市モデルを WEB で体感する | PLATEAU [プラトール]”. <https://www.mlit.go.jp/plateau/plateau-view-app/>, (参照 2022-12-14).