

(28) 次世代公共交通導入における 3DVR 都市交通流モデリングシステムの開発

永井 徹¹・田部井 優也²・長田 哲平³・大森 宣暁⁴

¹正会員 日立製作所 研究開発グループ (〒319-1292 茨城県日立市大みか町 7-1-1)
E-mail: toru.nagai.mw@hitachi.com

²学生会員 宇都宮大学大学院 工学研究科 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2)
E-mail: dt177106@cc.utsunomiya-u.ac.jp

³正会員 宇都宮大学助教 地域デザイン科学部 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2)
E-mail: osada-teppe@cc.utsunomiya-u.ac.jp

⁴正会員 宇都宮大学教授 地域デザイン科学部 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2)
E-mail: nobuaki@cc.utsunomiya-u.ac.jp

過度な車社会により年々深刻化する都市部の渋滞の解決策として、次世代交通の導入など公共交通システムが見直されるなか、新たな交通手段の導入に際しては周辺住民との合意形成や導入効果をより分かりやすく説明することが求められる。本稿では、市販の 3D 都市モデルをベースに交通流マイクロシミュレータとゲームエンジンの統合開発環境を用い、次世代交通の導入事業を支援することを目的とした 3DVR 都市交通流モデリングシステムを開発した。また、本システムにより作成した 3DVR コンテンツの完成度を確認するために、安価で持ち運びが容易な VRHMD を用いて、VR 動画の再生について性能評価を行った。この結果、普及型の比較的低スペックな VRHMD においても、コマ落ちすることなく安定して視聴できることを確認した。

Key Words: light rail transit, head mounted display, virtual reality, traffic flow simulator, unity

1. はじめに

(1) 研究の背景・目的

近年、モータリゼーションの発展に伴い都市部の大渋滞が原因となる地球温暖化や、大気汚染が年々深刻化している。そこで、この解決策としてLRT(Light Rail Transit)やBRT(Bus Rapid Transit)をはじめとする公共交通システムが見直され導入が全国的に検討されている。

しかし、新たな公共交通システムの導入においては、行政や道路管理者など事業関係者のみならず沿線住民や民間企業、学識経験者等を含めた合意形成型の意思決定プロセスが重要になる。

従来、土木計画学や交通工学的な将来計画の説明においては、専門的な内容を多く含むことから、市民はイメージし難く、その内容を利用者目線より正確な理解を促すために、VR(Virtual Reality)動画やドライビングシミュ

レータ(DS)など情報工学を取り入れた新たな試みがなされている。

しかしながら、VR動画やDSでは没入感がないことや、実際の交通流を再現したコンテンツを制作するには多くの工数を要することから、開発期間やコスト面において利用機会損失が大きい。また、機材も大型で持ち運びが容易でないことに加え、複数人で同時に体験できないと言った課題を抱えている。

一方で近年Oculus社製のVR視聴用のヘッドマウントディスプレイ(VRHMD)を筆頭に3DVR技術が目まぐるしい発展を遂げており、汎用のゲームエンジンを用いることでコンテンツ作成期間が大幅に短縮できるとともに、低コストで高性能なVR機材により没入感の高い映像が視聴できる環境が整いつつある。

そこで本研究では、市販の 3D 都市モデルデータと交通流シミュレータを統合し、短期間で高品質な 3DVR

コンテンツを生成する 3DVR 都市交通流モデリングシステムの開発を目的とする。

(2) 既存研究の整理と本研究の位置づけ

先行研究¹⁾²⁾³⁾⁴⁾において、LRT など公共交通事業の合意形成には、VR 動画や AR (Augmented Reality) を用いた情報提供は直感的に理解できるため、合意形成のための情報伝達手段として有効であることが明らかとなっている。また、作成した VR 動画の視聴の多くは、大型の液晶ディスプレイを用いるが、より臨場感や没入感が要求される場面では、DS⁵⁾⁶⁾の利用に加え近年では、VRHMD による LRT 導入時の車両接触事故防止にも効果的であるとの研究⁷⁾⁸⁾も報告されている。

しかしながら、既往の研究は情報伝達手段としての有効性や表示デバイスに関する研究が多く、3DVR コンテンツの制作期間の短縮や合意形成に費やすコストの低減に関する研究は見当たらない。

そこで、本研究は没入感の高い都市交通流を再現した 3DVR コンテンツを短期間で低コストで生成するシステムを開発し、その構築手順の体系化と適用可能性について言及した点に新規性がある。

2. 3DVR 都市交通流モデリングシステムの開発

(1) 3D 都市モデルデータ

本研究では、ゼンリンの 3D 地図データを用いる。3D 地図データとは、Unity[®] (以下、Unity) で直接読み込み可能な FBX 形式の 3 次元データフォーマットで作成された、リアルな 3D 都市空間モデルである。3D 地図データは 3D 都市モデルデータと広域 3 次元都市モデルデータの 2 つに分類され、さらに、3D 都市モデルデータはリアルモデルとライトモデルの 2 種類のモデルにより構成される。

特にリアルモデルは、全国主要都市の幹線道路および交差点をゼンリンが保有する特殊調査車両「タイガー・アイ」を用い 360° 全方位で撮影し、撮影した写真から

生成した建物の詳細テクスチャーデータを 3D 都市モデルデータに貼り付けている。これにより、図-1 に示す現実の街並みをほぼリアルに表現することができる。本研究では 3D 都市モデルデータのリアルモデルとライトモデルの組合せを用いることで、建物や道路を含む都市景観モデルの作成工数を省力化する。

(2) ゲームエンジン Unity

Unity Technologies のゲームエンジン Unity とは、3D/2D 描写やサウンド再生、物理演算などの開発環境を内性化し、様々なプラットフォームに対応した一部の条件で無償で利用できるゲームエンジンであることから、Unity を用いることで表示デバイスや開発環境に依存しない高品質な 3DVR コンテンツ作成が容易になる。

一方、現実の交通流の再現には交通流マイクロシミュレータを用いるが、(株)日立産業制御ソリューションズの TRAFFICSS[®] (以下、TRAFFICSS) はシミュレーション結果のアニメーションビューを Unity ベースで開発しているため、3D 都市モデルデータとの親和性が高い。

本研究ではこのゲームエンジン Unity を用いることで、3D 都市モデルデータと交通流マイクロシミュレータを統合する。これにより、表示デバイスや開発環境に依存しない高品質で現実の交通流を再現した 3DVR コンテンツを作成することが可能となる。

(3) 3DVR 視聴用表示デバイス Oculus Go[®]

本研究で使用する VR 機材は、DS の欠点である持運びや取扱いの容易性、さらには導入コストが高いという課題を補うため、現在入手可能な VR 機材の中から没入感が高くかつ機材の取扱いが容易で比較的安価な Oculus Go (図-2) を用いる。Oculus Go は、Facebook 傘下の Oculus 社が開発し、2018 年 5 月に日本で発売が開始された VRHMD である。従来の VRHMD と異なり、PC やスマートフォンなどの外部機器を利用せず、ケーブルレスのスタンドアロン型というのが最大の特徴である。また、スマートフォンと VR ヘッドセットが分離したタイプに比べ発熱対策が十分にされており、ビデオメモリの大量



図-1 3D 都市モデルデータ



図-2 Oculus Go

消費による本体の発熱が原因と考えるコンテンツ視聴時の強制終了や、カクつきといった課題も解消される。

ただし、グラフィック専用ボードを搭載した PC を利用した VRHMD に比べ、スタンドアロン型 VRHMD はターゲットマシンのスペックを考慮したモデルデータの最適化が必要になるため、初期作成工数に加え手戻りによる工数増に注意を払う必要がある。

(4) 本開発システムによる 3DVR コンテンツ作成フロー

本システムによる 3DVR コンテンツの作成フローを図-3 に示す。まず、TRAFFICSS のエディタを用いて再現エリア内の道路ネットワークデータを背景となるビットマップ形式の地図をもとに作成する。次に、VR 再現エリア内の自動車交通量、信号現示データなどを入力しシミュレーションを実行する。これにより、3DVR コンテンツ作成のもとになる LRT や BRT など次世代公共交通を含む自動車交通流や信号機など、移動オブジェクトの時系列移動軌跡データが生成される。

その後、予め Unity のエディタ上に取り込んだ 3D 都市モデルデータと、車両などの移動オブジェクトの時系列移動軌跡データを Unity 上にインポートし、データの対応関係及び VR 空間上の全体的なレイアウトを調整する。最後にマルチプラットフォームに対応した Unity のアプリケーションビルド機能を用い、PC や VRHMD など VR を再生する機器のプラットフォームに適合したアプリケーションの書き出しを行う。

ここで使用する TRAFFICSS のアニメーションビュー

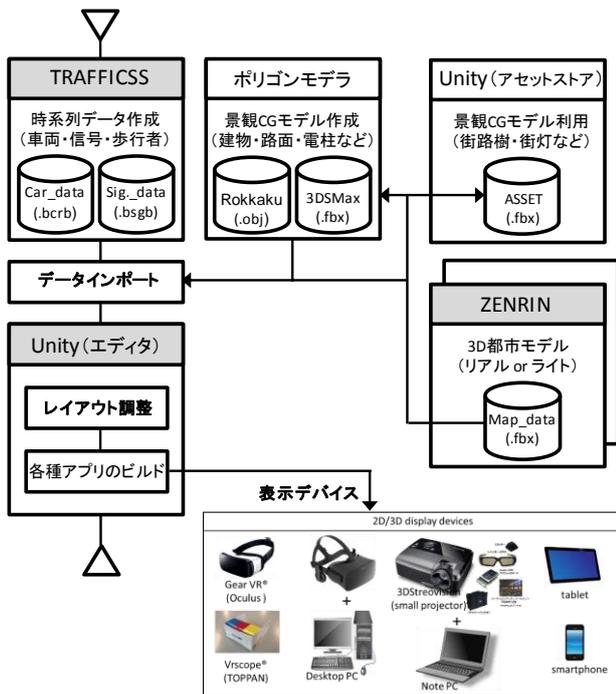


図-3 システムの基本フロー

アは、Unity をベースに開発されているため、開発環境や表示デバイスに依存しないコンテンツ作成ができる。また、これまでは各種 CG ツールを用い、道路空間上の表現要素である建物や道路構造物、さらには道路舗装面などの静止オブジェクトを個別に作成していたが、3D 都市モデルデータに置換することで 3DVR コンテンツの作成工数を大幅に削減することができる。

3. システムの性能評価

(1) 3DVR コンテンツの表示品質

コンテンツ作成工数比較のために、都市空間内の静止オブジェクトを市販の CG モデリングツールのみで LRT 導入計画向けに作成した 3DVR コンテンツの表示例を図-4 に示し、図-5 に 3D 都市モデルデータを利用して作成した BRT の導入効果の可視化を目的とした 3DVR コンテンツの表示例を示す。

特に、図-4 では見た目のコンテンツのクオリティを高めるため、街路樹、街灯、道路標識など建物以外の道路環境モデルの細部の表現のモデリングを含めモデル全体の作成に 2 か月程度要したが、図-5 の 3D 都市モデルデータを利用する方法では、図-4 で作成した都市空間面積比の約 10 倍のエリアを 1 週間程度で 3DVR コンテンツが作成できる見通しを得た。



図-4 CG モデリングツールにより作成した 3DVR 表示の例



図-5 本システムにより作成した 3DVR 表示の例

(2) 3DVR コンテンツの表示速度

3DVR コンテンツ再生の処理負荷測定で最も重要な指標は、フレームレートでありレートが低すぎると VR 酔いに大きく影響するため、特に注意を払う必要がある。このため、本システムにより作成した 3D 都市モデルデータを用いた 3DVR コンテンツを Oculus Go に実装し表示性能について評価した。

この結果、Oculus Go のフレームレートは、3DVR コンテンツ起動時の比較的ポリゴン数が多いシーンにおいて 20fps 程度あり、図-4 モデルと同等な表示性能を確認している。これは、総ポリゴン数が図-4 モデルの約半分になり 3DVR コンテンツ全体のモデルの最適化による効果と推察できる。

また、3DVR コンテンツの起動時間も測定し、体感時間ではあるが概ね 10 秒以内で起動し、操作面でもストレス無く使用可能であることを確認した。しかしながら、VRHMD 上で作成したコンテンツをストレス無く見るには、①フレームレート 60fps、②ポリゴン数 10 万、③ドローコール数 100 の 3 つの指標⁹⁾をできる限り守ることが推奨されているため、この点については改善が必要と考える。

4. おわりに

本研究では、3D都市モデルデータと交通流マイクロシミュレータを統合した3DVR都市交通流モデリングシステムを構築し、本システムにより作成した3DVRコンテンツをOculus Goに実装することで、その有効性について述べた。

今回、開発したシステムではこれまで専用のCG作成ツールにより個別に作成していた建物、街路樹、道路等の静止オブジェクトのモデリング作業を3D都市モデルデータを利用することで、3DVRコンテンツの作成工数が大幅に短縮できる見通しを得た。

今後は、実用化に向け3D都市モデルデータ内の景観データと交通流シミュレータで生成される車両の走行位置座標のずれの自動修正など、よりリアルな表示を可能にする構築手順の改良が必須と考える。

また、本システムの適用においては既に交通安全を目的としたLRTの事前導入時における自動車右折時の事故の危険性の周知について効果があることが判明したが、その応用範囲は広く、次世代公共交通導入計画時の合意形成手段の他にも例えば、自動車免許更新時の免許センター等での事前の教育や、軌道系交通の新設が検討される地域におけるスムーズな導入を促す情報提供や市民への事前導入教育、レンタカー会社での旅行者に対する簡

便な教育としても利用できる可能性があると考えられる。

商標等に関する表示

- Unity は、米国 Unity Technologies の米国およびその他の国における登録商標です。
- Oculus Go は、米国 Facebook Technologies,LLC の米国およびその他の国における登録商標です。
- TRAFFICSS は、株式会社日立製作所の登録商標です。
- Gear VR は、韓国 Samsung Electronics Co.,Ltd.の登録商標です。
- VRscope は、凸版印刷株式会社の登録商標です。

謝辞：3DVR システム設計にご協力いただいた、(株)ICRテクノロジー 村田氏、(株)コンピュータシステム研究所 坂井氏に深謝する。また、実験にご協力頂いた NPO 法人宇都宮まちづくり推進機構、リコージャパン栃木支社の皆様に感謝する。

参考文献

- 1) 河野友彦, 森本章倫, 古池弘隆：LRT 導入における 3 次元 VR シミュレーションを活用した合意形成支援ツールの開発, 土木計画学・講演集, Vol.31, 2005.
- 2) 伊藤将司, 森本章倫：宇都宮市 LRT 計画における市民意識変容と合意形成手法に関する研究, 日本都市計画学会都市計画論文集, No.45-3, 2010.
- 3) 森千鶴, 長田哲平, 大森宣暁, 森本章倫：宇都宮市 LRT 計画の市民説明における AR 導入に関する研究, 土木学会論文集 D3, Vol.72, No.5 (土木計画学研究・論文集第 33 巻), 2016.
- 4) 川口貴之, 西村善博, 福田知弘, 矢吹信喜：LRT 事業における VR システムの設計, 土木情報利用技術論文集, Vol.17, 2008.
- 5) 松田啓輔, 柳原正実, 小根山裕之：灯器位置に着目した信号切り替わり時の運転挙動に関する DS 実験, 第 37 回交通工学研究発表論文集, pp.149-155, 2017.
- 6) 永塚遼, 小野晋太郎, 川崎洋, 池内克史：車載全方位ビデオ映像を用いたイメージベースレンダリングによるドライビングシミュレータの開発, 生産研究, 63 巻 2 号, pp.141-146, 2011.
- 7) 永井徹, 田部井優也, 長田哲平, 渡邊浩大, 大森宣暁, 新吉高：次世代公共交通導入における 3DVR コンテンツの開発, 土木学会論文集 F3, Vol.73, 2017.
- 8) 永井徹, 田部井優也, 長田哲平, 渡邊浩大, 大森宣暁, 新吉高：軌道系交通との接触事故防止を目的とした 3DVR コンテンツの効果に関する研究, 第 39 回交通工学研究発表論文集, 投稿中, 2019.
- 9) 井口健治:VR コンテンツの勘所, Unite 2015 Tokyo 講演 <http://japan.unity3d.com/unite/unite2015/files/DAY2_1030_room2_Iguchi.pdf> (入手 2017.5.22)