

(22) LRT 導入時の車両接触事故防止を目的とした 3DVR コンテンツの開発に関する研究

渡邊 浩大¹・田部井 優也²・永井 徹³・長田 哲平⁴・大森 宣暁⁵

¹ 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: mt176432@cc.utsunomiya-u.ac.jp

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 日立製作所 研究開発グループ (〒319-1221 茨城県日立市大みか町 7-1-1)

E-mail: toru.nagai.mw@hitachi.com

⁴ 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-tepei@cc.utsunomiya-u.ac.jp

⁵ 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

現在、栃木県の芳賀町・宇都宮市において進められている LRT 導入計画は、全線が新設路線である。既存の路面電車導入都市においても対自動車との接触事故が発生している現状を考えると、LRT 導入後、自動車との接触事故が発生する可能性が高い。そこで、LRT 導入後の状況を仮想的に体験でき、接触事故が生じやすい場面である交差点右折時を対象とし、さまざまなプラットフォームで再生可能な VR コンテンツを開発した。この VR コンテンツは、交通流シミュレーションによる交通流データ、LRT 計画に準拠した道路形状を忠実に再現した。また、VR コンテンツの完成度を確認するため、市民を対象としたモニターテストを行った。モニターテストによって VR データの軽量化の必要性や追加機能などの修正・改良点が明らかとなった。

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

1. はじめに

(1) 研究の背景・目的

宇都宮市は、第5次宇都宮市総合計画において持続的に発展可能な都市構造としてネットワーク型コンパクトシティ (NCC) を掲げている。この NCC の形成においては、総合的な公共交通ネットワークの基軸となる東西基幹公共交通として LRT (Light Rail Transit) の整備が挙げられている。わが国における LRT 導入例として挙げられるのは、富山市の富山ライトレールである。富山市は、既設の路面電車路線が存在している都市でありながら、富山ライトレールの運行事業者である富山ライトレール株式会社の報告によると、年平均2件程度の接触事故が発生している。このことから、宇都宮市や周辺地域に路面電車路線の存在しない宇都宮の LRT 計画では、ドライバーが軌道系交通がある状況下

の交通ルールの理解度が低く、開業後に LRT 対自動車の交通事故の発生する可能性が高いことが想定される。よって、LRT 開業前に市民や LRT 路線を運転するドライバーに対し、軌道系交通がある状況下の交通ルールを十分に周知し理解させることが求められる。

そこで本研究では、宇都宮の LRT 計画をケーススタディとし、軌道系交通に関する交通ルールを周知させるために、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) で体験できる VR (Virtual Reality) コンテンツの開発を行うことを目的とする。

(2) 既存研究の整理と本研究の位置付け

VR や AR (Augmented Reality) などの視覚情報を用いた情報提供に関する研究を整理する。

河野ら¹⁾は、3DVR の活用が現実には存在しない新しい交通システムを導入する際に、被験者に対して有効

な情報提供のツールとなるとした。また、伊藤ら²⁾は、VR 動画を用いて、LRT 導入に対する市民意識変容について、賛否を分ける要因は、利便性・快適性やまちづくりへの波及効果への評価の違いであり、それらの評価向上により賛成態度に傾く可能性があるとした。

森ら³⁾は、効果的な PR 活動を行うために、AR を用いた市民 PR の効果を定量的に把握し市民意識の変化について分析した。その結果、市民 PR においては、AR と VR などを PR 対象の属性によって使い分ける事でより効果的であることを示した。

以上から、LRT 導入における情報提供ツールとして VR や AR が有効であることが既存研究から明らかとなっている。本研究では、LRT 導入時の歩行者やドライバーのような LRT を利用していない（乗車していない）人の目線での交通ルールの周知を目的とする VR コンテンツの開発を行った。

(3) 軌道系交通導入都市の現況分析

富山ライトレール株式会社では、平成 23 年度から平成 27 年度、過去 5 年にかけて重大事故（ここで重大事故とは旅客列車の衝突、脱線、火災事故）及び人身事故は 0 件となっている。しかしながら、自動車との接触事故は平成 23 年度 2 件⁴⁾、24 年度 2 件⁵⁾、25 年度 3 件⁵⁾、26 年度 2 件⁵⁾、27 年度 3 件⁵⁾発生している。接触事故の原因として挙げられるものが、「自動車の後方不確認」、「路面電車の接近に対する注意不足」、「自動車の軌道敷内への直前進入」などであり、自動車（ドライバー）側に問題があるということが分かる。路面電車と自動車の接触事故では、このケースが極めて多いとされている。

2. VR コンテンツの開発

(1) VR とは

VR とは、Virtual Reality の略であり、仮想現実と呼ばれている。VR は、体験者が特定の機器を装着し、コンピュータにより合成した映像・音響などの効果により、体験者が実際にその空間に居るかのような没入感を生じさせるものである。VR の視覚効果は 3D とほぼ同じであるが、スクリーンに投影される 3D とは違い、360 度全周体験することができる。

(2) ゲームエンジン Unity

Unity Technologies のゲームエンジン Unity[®]（以下、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蔵し、無償で様々なプラットフォームに対応したゲームエンジンである。本研究ではこのゲームエンジン Unity を用いることで、プラットフォームに依

存しない VR コンテンツを作成する。

(3) VR コンテンツを体験する VR 機器

本研究では VR 機器を 2 種類用いる。VR 専用機であるサムスン社製の Gear VR[®]（以下、Gear VR）と VR 汎用機であるハコスコ[®]（以下、ハコスコ）である。

a) VR 専用機の Gear VR

Gear VR は、VR 体験ができるヘッドマウントディスプレイ（VRHMD）であり、VRHMD の製造メーカーである Oculus 社がサムスン社と共同で開発したものである。そのため、サムスン社製のスマートフォンでしか VR を体験することができない。しかしながら、機器を装着したままスマートフォンの操作をすることができ、側面のボタンで視点場の移動や再現時刻の変更ができるなどの特徴がある。

b) VR 汎用機のハコスコ

ハコスコは、2 枚のレンズで構成された右目用・左目用の動画像を左右に配置するサイドバイサイド方式で VR を体験するためのゴーグル製品の一つである。ダンボールで構成されているため、非常に安価な製品となっている。VR 専用機と同様に全周球（360 度）見渡すことができるが、VR 再生中には端末の操作が出来ない。しかしながら、サイドバイサイド方式の利点として、メーカーに依存せず様々なスマートフォン・タブレット端末をサポートし、より多くの端末で VR 体験が可能である。

(4) VR モデルの作成方法

VR の開発フローを図-1 に示す。VR 再現エリア内の自動車交通流、信号現示データは、（株）日立産業制御ソリューションズの交通流ミクロシミュレータである TRAFFICSS[®]（以下、TRAFFICSS）を使用し作成する。まずエディタを用いて再現エリア内の道路ネットワークを作成する。続いて 2D シミュレータ内で、自動車交通量・信号現示・自動車走行座標の各パラメータを設定する。その後、シミュレーションを実施することで、シミュレーション結果・ビューワデータが同時に出力される。その後、TRAFFICSS から出力されたビューワデータを Unity 開発環境用に変換する。Unity 開発環境では、別途作成した 3D オブジェクトデータ等を配置する。その後 VR を再生する機器のプラットフォームに合わせアプリケーションとして書き出しを行う。

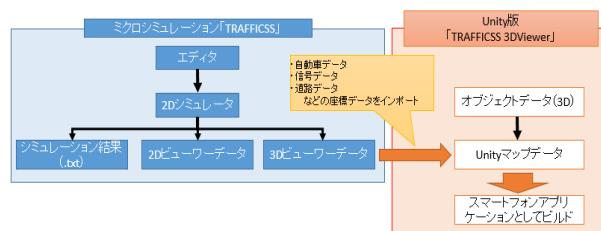


図-1 VR開発のフロー図

(5) 再現 VR モデル

本研究で作成する VR コンテンツは、宇都宮市 LRT 整備区間のうち、交通量が多い交差点をとりあげ、「自動車」が県道 64 号線（鬼怒通り）を陽東三丁目交差点より、西（宇都宮駅方向）から東（大規模商業施設 B 店方向）へ直進し、該当交差点で大規模商業施設 B 店方向へ右折する。その際に、車両後方から LRT が接近してこないことを確認し、右折するというシナリオをもとに作成する。（図-2）。VR コンテンツで再現したイメージを図-3に示す。

(6) VR コンテンツの再生

本研究のシチュエーションを満たす、ある特定の自動車の運転席からの視点（自動車の先端）にカメラ位置を固定している。VR コンテンツは、この自動車が走行する時間を繰り返し再生する。走行している間、周りを 360 度見回すことができるよう設定してある。



図-2 再現ルートの地図 国土地理院の電子地形図（タイル）に LRT 関連情報を追記して掲載



図-3 VR コンテンツ内で再現エリアのイメージ

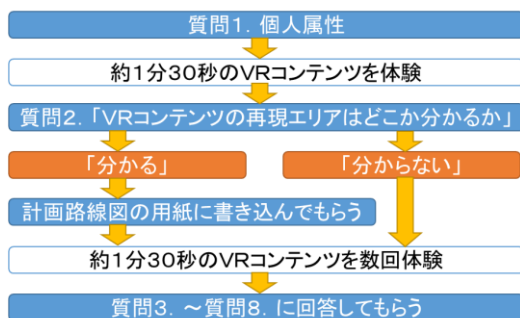


図-4 モニターテスト手順

3. モニターテストの実施

(1) モニターテストの概要

VR コンテンツの再現性をより高いものにするため、日常的に自動車を運転している宇都宮市内の事業所に勤める会社員 14 人を対象にモニターテストを実施した。モニターテストの手順を図-4に示す。

質問項目として、VR コンテンツを体験してもらい、「VR コンテンツの再現エリアはどこか分かるか」、「VR 内の 3D モデルの大きさ、配置は適切かどうか」といった VR 内に配置された 3D モデル（周辺の建物、信号機、自動車）について質問し、VR コンテンツの再現性を確認した。また、視聴環境の確認として、「VR はスムーズに動いているか」、「360 度見渡したときにカクつくのが気になるか」といった VR コンテンツの見え方で確認している。最後に、「LRT と自動車が共存して走行するところをイメージできたか」、「VR が自動車の運転席から見える感覚がしたか」といった VR コンテンツのイメージや感覚について、「VR コンテンツ内で足りないと思うものはあるか」などの感想を確認した。

(2) モニターテスト結果

VR 専用機を用いたモニター調査結果を以下に示す。この調査では日常的に自動車を運転するあらかじめ招集した宇都宮市内に勤める会社員 14 人を対象とし、1 人ずつ VR 専用機で VR コンテンツを体験してもらった。被験者の「個人属性」を図-5に示す。次に VR 体験後の結果を示す。質問 2. では VR コンテンツの再現エリアが分かったと 12 人が回答した。また、分からないと回答した 2 人についても、2 回目の VR 体験において理解を得られることができた。このことから、VR コンテンツは日常的に自動車を運転している空間だと認識できる程度に再現できていると考えられる。

質問 4. 5. より、スムーズに動いていると思わない、カクつくのが気になるという結果が多かったため、対策が必要だと考えられる。これらのスムーズに動かないことや、カクつく現象（コマ落ち）が起こる原因として、VR データの容量が大きくスマートフォンの処理能力が追いつかないということが挙げられる。スマートフォンのスペックを考慮し、VR データの軽量化が必要である。

性別	男性 10人		女性 4人
年齢	30代 2人	40代 7人	50代 5人
住まい	栃木県内 13人		県外 1人
自動車免許保有年数	11～20年 3人	21～30年 6人	30年～ 5人
自動車運転時の事故歴	ある 11人		ない 3人
過去に路面電車やLRTが走行している街で自動車を運転したことがあるか	ある 6人	ない 8人	

図-5 Gear VR を用いた調査での個人属性

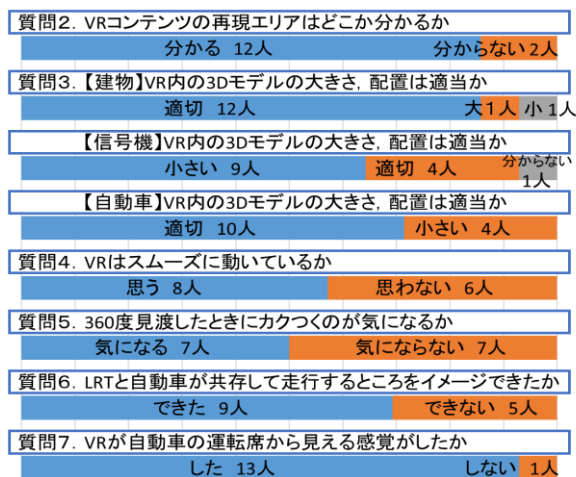


図-6 Gear VRを使用した調査の質問2～7. の結果

質問 6. LRT と自動車が共存して走行するところをイメージできないと回答した 4 人は全員女性であった。理由として、「LRT の走行、すれ違いが少ない」、「他の都市と違う」という意見が得られた。これは、実際の LRT の運行頻度（6 分に一本）でデータを作成したため、約 1 分 30 秒の VR 体験の中で、LRT が目に入る時間が短くなってしまったためだと考えられる。また、過去に路面電車や LRT が走行している街で自動車を運転した経験がある男性 5 人は、全員イメージできると回答している。質問 7. では、ほぼ全員が運転席から見ている感覚がしたということが分かる。（図-6）。

(3) モニターテストから得られた課題

モニターテストを通して次の課題が得られた。VR コンテンツの動きがなめらかではない、スムーズではないとの指摘がある。その原因としてスマートフォンへの大きな負荷がかかってしまうことが考えられる。実際にモニター調査中に強制終了することもあった。この対策として VR データの軽量化が考えられる。VR の視線が自動車の運転席からということをはっきりさせるために、運転席のハンドルやフレーム、ダッシュボードなど運転時に視界に入るものや、振動やサウンドがあるとより運転している感覚が疑似体験できると考えられる。

今回は車両データと景観データのみで作成したが、運転席で視界に入るハンドルなど以外に、歩行者や自転車を追加することで、より自然な街並みを再現できるのではないかと考えられる。

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。
- Gear VR は、韓国 Samsung Electronics Co., Ltd. の登録商標です。
- ハコスコは、株式会社ハコスコの登録商標です。
- TRAFFICSS は、株式会社日立製作所の登録商標です。

4. おわりに

モニターテスト結果による課題として、VR コンテンツの修正が挙げられる。主に、VR データの軽量化による VR のなめらかさやスムーズさを追求する必要がある。

また、今回は注意喚起や安全啓蒙を目的とし、「自動車右折時の後方確認」をドライバーに実施してもらうことを目指していた。しかしながら、VR コンテンツの体験時は真っ直ぐ進む方向しか見ない場合があり、交差点で停止し右折時に後方確認がされていないことも分かった。特に、交差点停車時に、首を右に約 90 度ほど曲げないと LRT の存在を確認できないため、多くのモニターは一回目の体験では、LRT の存在に気づいていない。

LRT 開通まで十分な時間があるため、自動車免許更新時の免許センター等での VR コンテンツを用いた教育においても効果があると思われる。モニターテスト中、VR コンテンツの体験者がどのような景色を見ているかが調査員から見て全く分からないが、VR 体験者の視点の移動軌跡のデータを得ることができれば、自動車ドライバーの視点移動の特徴が得られ、更なる注意喚起にも繋がると考えられる。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、VR の作成において ICR テクノロジーの村田様に技術指導をして頂きました。NPO 法人宇都宮まちづくり推進機構の皆様には、VR 開発への助言をして頂きました。リコージャパン栃木支社の方々には、モニターテストへの協力やハコスコの提供をして頂きました。誠に感謝しております。

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) 富山ライトレール株式会社安全報告書 2012, <<http://www.t-lr.co.jp/safetyreport/documents/houkoku2012.pdf>>, (入手 2017.5.22)
- 5) 富山ライトレール株式会社安全報告書 2013, 2014, 2015, 2016, <<http://www.t-lr.co.jp/safetyreport/index.html>>, (入手 2017.5.30)