



デジタルツインを構築するVR・CG技術の 最新動向と自動運転・モビリティプロジェクトへの適用

松田 克巳

現在、フォーラムエイトで取り組んでいる、各種オープンデータを活用したVR・CGソフトによるデジタルツイン環境構築の最新動向、構築された環境の自動運転・モビリティ研究開発プロジェクトへの適用について、実際のユーザ事例も踏まえ説明する。

キーワード：デジタルツイン、VR、メタバース、自動運転、モビリティ、ADAS、自動運転制御システム (ROS/ROS2)、ドライブシミュレータ

1. はじめに

UC-win/Road (以下、本3DVRソフトウェアという) は、オープンデータ、地図、標準CAD、点群等のデータと連携して容易に大規模空間を構築し、景観、運転、日照、天候等の多様なリアルタイムシミュレーションが可能な3DVRソフトウェアであり、外部データを取り込んで、交通流、風、環境エネルギー、災害(洪水・津波・土石流・地震・火災)、人流・避難などの解析結果を可視化することもできる。

本3DVRソフトウェアは、日本国内の場合であれば国土地理院地図、また海外の各種オープン地図データなどからベースの地形を作成し、現実と同様の緯度・経度、座標系に基づいた都市空間をモデリングできる。建物や植栽、路面マーキング、標識など数千種類のモデルがデータベースで用意されており、容易に空間の作り込みが行えるようになっている(図-1)。

また、歩行者や車両、信号といったオブジェクトがそれぞれ属性を持った形で外部と通信できるため、C++やJavaScriptなどの言語を使用してシミュレーション情報を取得し通信することにより、開発中車両の制御ソフトウェアや、自動運転ソフトウェアと接続し仮想環境でデバッグを行うといった活用も行える(図-2)。

環境パラメータの設定も可能であり、例えば、時間帯を夜に設定してライティング効果を入れた状態で運転を行うことで、ヘッドライトの配光シミュレーションも行うことができる。

2. オープンデータを活用したデジタルツインの構築

国土交通省が主導する日本全国の3D都市モデル整備・活用・オープンデータ化プロジェクトである公開型プラットフォーム PLATEAU (プラトール) で公開

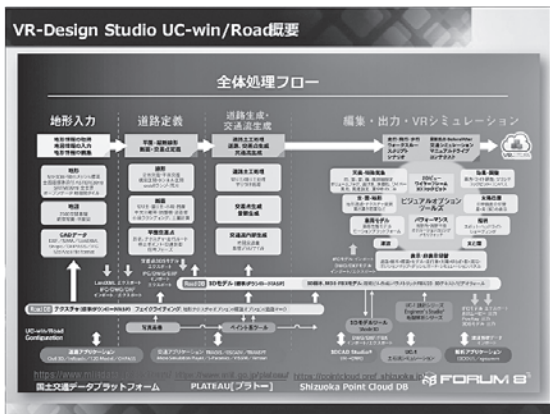


図-1 UC-win/Road 全体処理フロー



図-2 オブジェクト情報取得プレビュー画面

されている建物情報を CityGML 等のフォーマットを経由して、ダイレクトに読み込むことができる。PLATEAU は、複数の属性を備えた都市データベースであり、建物等の形状データについても一部テキスト付きで公開されており、道路情報の整備にも着手しつつある。

国土交通省の PLATEAU (プラトール) Web サイトの Use Case では、様々な実証実験の事例が紹介されている。

一例として、建築物外壁検査の支援事例を紹介する。この実証実験の事例では、建物外壁への日照シミュレータを開発し、外壁タイル点検のための調査計画策定を効率化させ、ドローンによる赤外線調査の普及・拡大を目指している。

ドローンによる赤外線調査では建築物の外壁温度が品質・精度に影響を与えるため、事前にデジタルツイン環境で、対象建築への日照環境を把握し、赤外線調査の効率的な調査計画立案を支援する実証実験の事例として紹介されている (図-3)。



図-3 PLATEAU (プラトール) を活用したドローンによる建築物外壁検査の支援

また、社会基盤情報流通推進協議会 (AIGID) が運営する G 空間情報センターのウェブサイトで公開されている、伊豆半島の 3 次元高精度点群データでは、富士山南東部・伊豆東部地域の 1,050km² がカバーされており、航空レーザ計測や航空レーザ測深、移動計測車両により取得した 3 時点群データ、地表面及び樹木・建物等の地物、海岸線の水中部の緯度・経度・標高の座標情報データが統合されている。本 3DVR ソフトウェアでこのデータを取り込むことで、空間を可視化して走行領域を設定し、計測された点群データ内を車両で走行するところまでを比較的短時間に行うことができる (図-4)。

また、海外においてもこのようなオープンデータ整備



図-4 点群データインポートの様子

は進められており、それらのデータ活用も可能である。

本 3DVR ソフトウェアで従来に本来搭載されていた多様なデータ連携機能がさらに向上して各種オープンデータとのインターフェースとして拡張が進んだことで、研究のベースとなるデジタルツインの実験環境を短時間で作成し、研究テーマそのものに、より注力できるようになってきている。

3. 自動運転・モビリティ研究開発におけるデジタルツイン活用

MaaS (Mobility as a Service) は、あらゆる交通機関を IT によりシームレスに連携することで、乗り換えサービス全般の利便性・優位性を図り、DX 技術を絡めて利用者に提供するシステムである。このような新しいサービスを導入する際、例えば、モビリティシステム運用計画の場合など、デジタルツインの実験環境を活用して事前検証を効果的に実施することができる。また、モニタリング環境として利用し、カメラでカバーし切れないエリアの情報を座標で受信すれば、これをソフトウェア側で、比較的小さなパケット情報から可視化することもできる。さらに、一度構築したデジタルツインは、運用だけでなくシステム改修などでも将来に渡って実験環境として利用できる。

モビリティ検討においては都市の交通シミュレーションや渋滞予測などが必要となるが、前出の本 3DVR ソフトウェアでは、一例としてマイクロシミュレーションプレイヤーを使用して、ドイツ PTV 社製の交通解析ツール、VISSIM による交通解析結果を可視化し、デジタルツイン環境で再現することができる。ソフトウェア上で運転している車両情報をリアルタイムに VISSIM へ送り、VISSIM 上での周辺車両と信号機の計算結果がソフトウェアの VR にほぼリアルタイムで反映されるという流れである。現実に近い挙動を再現し、ソフトウェア上のドライバーもしくは自動運転車両としてこの解析結果の中に割り込むことも



図一5 VISSIM リアルタイム連携機能

可能であるため、運転シミュレーション、自動運転およびADAS、モビリティ関連の研究開発で有効活用できる（図一5）。

このように、本3DVRソフトウェアのデジタルツインは、新しいモビリティが加わった場合に都市・交通環境がどのように変化するかを、計画段階で事前にシミュレーションし検証することができる機能を提供している。

4. 現実空間の交通事象をデジタルツインで可視化

デジタルツインで現実空間の交通事象の再現を行った事例として、阪神高速道路株の、カメラ画像からの車両軌跡生成とVRデータ連携の取り組みを紹介する。

阪神高速道路株では2017年より、「Zen Traffic Data」(ZTD)プロジェクトを進めている。これは、渋滞が多発し構造も複雑な数キロ範囲の対象区間を走行する全車両について、画像センシングにより0.1秒単位の運転挙動を車両軌跡データとして長時間にわたりデータ化し、交通工学の研究者や自動運転技術を開発する自動車メーカーなどにオープンデータとして無償提供するものである。対象区間の全トラフィックについて、カメラ画像からの画像処理で車両を特定し複数台の車両軌跡のデータベースが構築されており、車両ID、時刻、車種、車長といった情報として取得できる。

これらのデータを渋滞対策・安全対策等に利用するため、本3DVRソフトウェアのデジタルツイン環境に取り込んで可視化できるプラットフォームの整備を行った。これにより、現実環境で発生する交通事象で、合流する際の挙動や、ぎりぎりぎりで割り込んでくる車両などの危険事象、車線変更などといった実ドライバー

の挙動を、デジタルツインの実験環境上で再現し、この中に新しい車両を投入するといった実験にも応用することが可能となった。

このように、ソフトウェアのシミュレーションデータと車両軌跡のオープンデータを組み合わせることで、多様な視点から実際の交通状況・車両挙動を概観することが可能となり、実効性の高い渋滞対策・安全対策の立案に役立つシステムとなっている（図一6）。



図一6 阪神高速道路車両軌跡シミュレーション（阪神高速道路株、第18回3DVRシミュレーションコンテスト on Cloud 出品作品）

5. 建設工事現場におけるリアルタイム3Dモニタリング及び安全管理へのデジタルツイン活用

ダム建設工事現場においてもデジタルツインの活用が進んでいる。

大成建設株では、栃木県鹿沼市の南摩ダムでの建設現場での運用を想定したプロジェクトが公開されている。

自動建設機械の協調制御システム「T-iCraft」と本3DVRソフトウェアを連携させ、ダム建設現場におけるリアルタイム3Dモニタリング及び接近時の緊急停止システムを構築している。

現場で稼働している異なるメーカー同士の重機や現場作業員のGNSSの位置情報を用いて、本3DVRソフトウェア上で自動建機や作業員の位置を可視化、接近検知を行い、状況に応じて自動建機の監視者に対する警告や協調制御システムへの停止命令を出す仕組みとなっている。

GNSSの位置情報の通信パケットのみで現場の重機の状態をリアルタイムで遠隔モニタリング可能で、建設現場の安全管理面においても貢献が見込めるプロジェクトとなっている（図一7）。

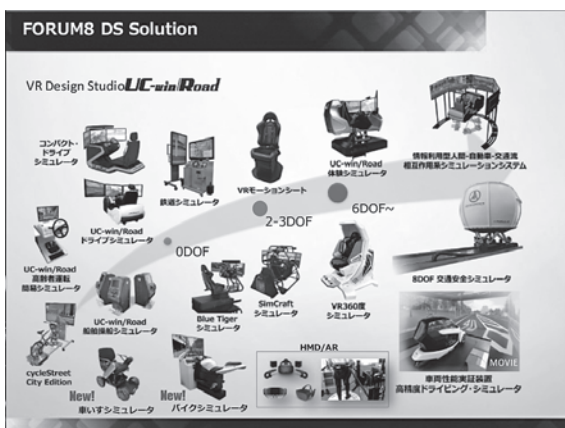


図一七 ダム建設工事における重機 3D リアルタイムデジタルツインシステム (大成建設株, 第 21 回 3DVR シミュレーションコンテスト on Cloud 出品作品)

6. 自動運転制御システム (ROS/ROS2) との連携によるデジタルツイン活用

デジタルツインを利用した実験環境システムの例としては、ソフトウェアと、脳波センサ、生体計測とのハードウェアデバイス接続、HILS などリアルタイム系シミュレーションシステムとの同期などを、統合的なシステムとして開発提供し、実験環境として活用されている (図一八)。

また、近年の取り組みとしては、自動運転制御システム (ROS/ROS2) と VR の連携環境構築を実施している。それぞれ独自に開発されている自動運転制御システムとデジタルツインの環境を接続し、風速、時間、オブジェクトなどを含むシナリオを VR のデジタルツイン環境で生成し、効率よく実験が行える。その制御部をそのまま実車両に応用していくという一連の仕組みをシステム開発サービスとして実施している。



図一八 シミュレータハードウェア一覧

7. デジタルツインとハードウェアの連携、ドライブシミュレータの活用事例

本 3DVR ソフトウェアで構築したデジタルツイン環境と実車型ドライブシミュレータなどのハードウェアを組み合わせることで、より現実の運転操作に近いドライブシミュレーションが可能となる。運転中の車両全体の動き、エンジンから車輪までの各伝達装置のモデルを実装してリアルな運動を表現できるため、前述の自動運転研究を中心として、車輛システム開発や ITS 交通システム研究、ドライバー、車、道路、交通との相互作用研究、安全運転訓練用教材など、様々な目的で活用されている。

現在、乗用車、トラックに加えて、自転車、バイク、車椅子のシミュレータなども新しいモビリティとして、ソフトウェアのデジタルツインと併せシステム一式として提供している。この中で、大型シミュレータの事例としては中国交通部「8DOF 交通安全シミュレータ」が挙げられる。

8DOF 交通安全シミュレータ、中国交通部が交通安全研究のために計画し、交通運輸部公路科学研究院が仕様を作成・構築したシステムで、2009年1月の国際入札でフォーラムエイトが単独受注し、2014年2月に納品した大型シミュレータである。ハードウェア部分は、6自由度モーションプラットフォームと Yaw テーブル、X テーブルで構成される 8 自由度車両運動モデル実車運転模擬装置として開発され、クラスタ構成による 360 度投影装置、音響システム、振動装置などにより限りなく実運転に近い環境を提供している。乗用車キャビンおよびトラックキャビンは、ドームシステムを備え、CCD カメラ、映像モニタと録画システムなどの管理システムを搭載し、交通流シミュレータ、車両運動モデル、視線追跡などの計測装置にも連携して、高度な安全運転研究に貢献している。

また、米国モーガン州立大学の Safety and Behavioral Analysis (SABA) センターでは、自転車シミュレータとドライブシミュレータ、視線計測システム、マイクロシミュレーションソフトウェアを統合することで、運転中の行動や道路標識効果を検証し、自動車と自転車におけるドライバー挙動の相互研究に活用している (図一九)。

本 3DVR ソフトウェアのデジタルツインは、実空間では不可能な、危険を伴う事象を柔軟に再現することができ、運転中にドライバーがどこを見ていたかを、オブジェクト情報を含めて時刻歴で取得できる機能も提供している。このように制御しやすいテスト環



図一9 モーガン州立大学 Safety and Behavioral Analysis (SABA) センター事例

境を利用することで実証研究におけるコストを抑えながら、自転車運転者の安全性に関するより詳細な調査が実現している。同センターではこのシステムを、公平性、あらゆる人々のための自転車、障害者、交通標識と舗装設計、交通計画と交通需要予測などといった分野でさらに活用することを視野に入れている。

国内の事例としては、安全運転教材コンテンツとハードウェア一式のセットとして提供している「安全運転シミュレータ」が警察庁の型式認定を取得しており、教習所や免許センターで活用されている。3画面モニタの広視野角グラフィック映像で教習コースが体験可能となっており、型式認定基準に適合した4つの教材で、ログによる運転診断結果、リプレイ教習に対応しており、ドライバーが自分の運転を客観的に学習できるようになっている。

その他、特殊車両の事例として、NEXCO 中日本グループの除雪車両運転教育を目的とした「車両操作シミュレータ」が挙げられる。本システムでは、本3DVRソフトウェアを活用して除雪車両のコックピットを模擬し、道路のカーブ・勾配、橋梁・トンネル、料金所など、実際の高速道路環境を本3DVRソフトウェアのデジタルツインで再現している。特殊な気象条件下でのリアルタイムシミュレーションや、「走向コース」、「蛇行」「衝突リスク（接触回数）」、「車間距離」などの項目によるトレーニング結果が診断でき、リプレイ機能により記録された運転操作や走行状況・除雪状況などを、運転後にレビューすることができる。また、ネットワークで接続して同じデジタルツイン環境を共有した3台のシミュレータにより、梯団除雪を想定した連携訓練を実施することもできる。この場合、1台はマニュアルドライブ、他の2台は自動運転といった訓練環境の設定も可能である。

本シミュレータは車両ダイナミクスに対応している

ことから、走行中の動的挙動が実車両に近い状態での除雪車両オペレーション訓練を冬季以外でも実施可能となっており、オペレータの高齢化や労働人口の減少に伴う担い手不足に備え、新規オペレータの育成が急務となっている中、とりわけ高度な運転技能が求められる高速道路の除雪について、実車両による技能の習得機会が限られているという課題の解決につながっている（図一10）。

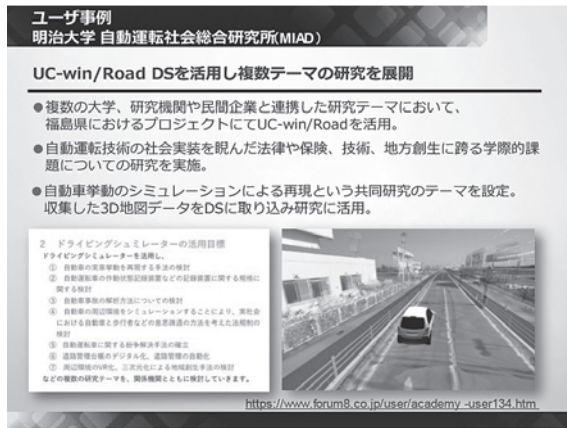


図一10 高速道路梯団除雪訓練シミュレータ（中日本高速道路株、第20回3DVRシミュレーションコンテスト on Cloud 出品作品）

8. 自動運転技術の社会実装をテーマとした研究における活用事例

明治大学自動運転社会総合研究所（MIAD）は、自動運転技術の社会実装を睨んだ法律や保険、技術、地方創生に跨る学際的課題について、自動車挙動のシミュレーションによる再現という共同研究のテーマを設定し、本3DVRソフトウェアドライブシミュレータを活用している。例えば、事故が発生した場合、その周辺環境を計測した点群データを活用してデジタルツイン環境を作成し、実際に記録された当事者の車両と相手の車両の挙動ログをその中で再生することで、事故発生時の条件がある程度再現できる。

自動運転になると賠償責任がどうなっていくのか、事故原因をどう解析していくのかは、保険関係者にとって現在大きな関心事となっており、保険料の計算はデータに依拠しているため、ドライブシミュレータを活用して得られるデータは、補償のみならず損害防止など、従来の保険の枠組みを越えた活用に繋がっていく可能性もある。将来的に自動運転が普及して事故が発生した場合に、裁判などの関係者が分かりやすいようにログデータを可視化し、証拠資料として活用するといったことも考えられる（図一11）。



図一 11 明治大学 自動運転社会総合研究所 (MIAD) 事例



図一 12 インフラ DX 研究の最先端
~バーチャル国総研と 4KVR シミュレータ~
(国土交通省 国土技術政策総合研究所, 第 20 回 3DVR シミュレーション
コンテスト on Cloud 出品作品)

9. WebVR, メタバース環境におけるデジタルツイン環境の活用展開

VR ソフトで作成されたデジタルツイン環境をメタバース対応 WebVR プラットフォーム F8VPS (FORUM8 バーチャルプラットフォームシステム) により Web ベースで公開し、実験や広報のプラットフォームとして活用した事例として、国土交通省 国土技術政策総合研究所 (国総研) 企画部企画課の「VR 国総研」が挙げられる。これは、インフラ DX 推進の一環として様々な実験フィールドが設置されている国総研の南北 3 km におよぶ敷地全体を VR 化し、バーチャル見学コンテンツなど広報用途での Web 公開に加えて、大型 4KVR 立体視ドライブシミュレータとデジタルツイン環境を連携させたものである (図一 12)。

「VR 国総研」は、2022 年 11 月に開催された「施工 DX チャレンジ (遠隔施工等実演会)」のライブストリーミング映像配信のバーチャル会場としても活用された (図一 13)。

このように、メタバース対応 WebVR プラットフォームでデジタルツイン環境を展開することで、モニタリング情報や車両位置情報などを連携した運転シミュレーションや、自動運転時のドライバー挙動の評価研究なども、マルチプラットフォーム・各種環境で実施するように応用することが可能である。

10. おわりに

自動運転・モビリティプロジェクトの研究開発におけるデジタルツイン環境の活用は、研究開発対象システム導入前の事前実験や、システム更新の際の事前実験、導入後のマルチデバイス環境によるモニタリング



図一 13 施工 DX チャレンジ (遠隔施工等実演会) デジタルツインシステム
(VR 国総研による活用事例, 国土交通省, 第 1 回 VR システムオブザイヤー受賞作品)

においても有効な手段であると考えられる。

また、今後も、デジタルツイン環境構築のためのオープンデータは、着実に整備されていることが見込まれる。形状や属性データが詳細化されていく都市モデルや、車両交通、人流などのダイナミックデータとのリアルタイム連携などの機能拡張が新しいテーマとして取り組んでいく必要がある。パッケージソフトウェア開発の技術基盤をベースに、利便性の高い国産のパッケージ製品展開、技術サービスの提供が期待される。

JCMA

【筆者紹介】

松田 克巳 (まつだ かつみ)
㈱フォーラムエイト
執行役員, システム営業マネージャ

