

# デジタルツイン実現プロジェクト

## 都市のデジタルツインにおける ゲームエンジン連携・活用マニュアル

## 0 本マニュアルの目的

# ゲームエンジンの概要及びユースケースの理解を通して 業務内でのデジタルツイン活用イメージを持つことを目指す

### 目的

- ゲームエンジンの概要理解
- 業務におけるデジタルツイン（データ、ビューア）の活用支援
- 将来的なゲームエンジン活用の展望の検討、都として実施すべき事項の整理

### 想定 活用者

次のような条件に当てはまる自治体等の職員

- 都市に関するデータの利活用イメージを知りたい
- 業務内に3Dデータ・デジタルツインを活用してみたい

# 目次 (1/2)

章	目次
0	本マニュアルの目的と想定活用者
1	ゲームエンジンの概要 1.1 ゲームエンジンとは 1.2 行政業務へのゲームエンジン活用の可能性
2	都市のデジタルツインに関連するデータの活用方法 2.1 都市の3Dデータを扱うソフトウェア 2.2 都市データ活用の流れとゲームエンジンの役割 2.3 ゲームエンジン活用の強み、弱み
3	ユースケースの紹介 3.1 ゲームエンジン活用ユースケース例 3.2 ゲームエンジン活用ユースケース例 まとめ
4	ゲームエンジンにおけるデータの取扱 4.1 デジタルツインで取り扱うデータの例 4.2 都市のデジタルツイン上のデータ提供形式 4.3 ゲームエンジン上でのデータの取扱の特性・課題

# 目次 (2/2)

章	目次
5	ゲームエンジン活用の今後の展望 5.1 想定されるゲームエンジン活用ユースケース 5.2 ゲームエンジン活用により解決される課題
6	ゲームエンジン活用を展望したデジタルツイン上データ整備における留意事項 6.1 今後必要となるデータ整備の方針
補足	関連文献、事例集（ヒアリング内容等） ※ 1～6の補遺

# 1. ゲームエンジンの概要

# 1.1 ゲームエンジンとは

## ゲームエンジンとは、ゲーム開発に用いられるソフトウェアの総称 産業分野等への応用が注目を集めている

### Unity公式ページで紹介されている用途例

#### 元々の用途



#### ゲーム

世界のビデオゲームの50%以上が Made with Unity である理由をご覧ください。

#### 産業分野等への応用



#### 建築設計

即時の可視化とその場での更新によって競争を乗り越えましょう。



#### 自動車

優れた現実感と没入型の体験によって設計を変革します。



#### 映像制作

目を見張るエフェクトと瞬時に結果を返すレンダラーで創造性を発揮しましょう。

### Unreal Engine公式ページで紹介されている用途例

#### 各業界向けソリューション

Unreal Engine によって様々な業界のクリエイターが最先端のコンテンツ、インタラクティブ体験、没入的バーチャル世界をリリースすることが可能になります。

ゲーム

建築

映画 & テレビ

放送 & ライブイベント

アニメーション

自動車 & 輸送

シミュレーション

#### 元々の用途

#### 産業分野等への応用

※ Unity, Unreal Engine はゲームエンジンの代表例



# 1.2 行政業務へのゲームエンジン活用の可能性

## 国や自治体の業務内におけるゲームエンジン活用事例も存在

### 行政におけるゲームエンジン活用の事例

**超リアル！誰でも0円で仮想空間をつくれます。**  
～技術力向上を目指して。点群×UE4講座を開催しました。Virtual Shizuoka推進中！～

都市局では、職員一人一人の技術力に磨きをかけるため、様々な勉強会を行っています。  
この度、「三次元点群データっていまいわからないけど、とりあえず使ってみよう」という職員を対象に「井ノ口先生による点群×UE4講座」を開催しました。

【受講した職員が作成した仮想空間】三次元点群データ（オープンデータ）とUnreal Engine（フリーソフト）等を使用して作成しました。費用：0円 作成時間：約1時間



【講座実施状況】 令和4年6月15日（水）16日（木） 受講者数21名（直前で1台PC追加確保により1コマ4名の受講体制）



少人数の勉強会なので、一人一人に丁寧に教えてもらいました。初めて使うソフトにとまどいながらも真剣に取り組む受講者 仮想空間は自由自在に移動できます。まるで島になった気分♪

静岡県におけるゲームエンジン活用講座の様子

ゲームエンジン・VRを用いた川づくり 



ゲームエンジン（アンリアルエンジン）にて作成  
\* 本CGはイメージです。

九州地方整備局によるゲームエンジンの活用事例  
(VRを用いた川づくりの取組)

## 2. 都市のデジタルツインに関連するデータの 活用方法



## 2.1 都市データを扱うソフトウェア

# 地形・都市に関する3Dデータの取扱いに 利用されるシステム・ソフトウェアの例

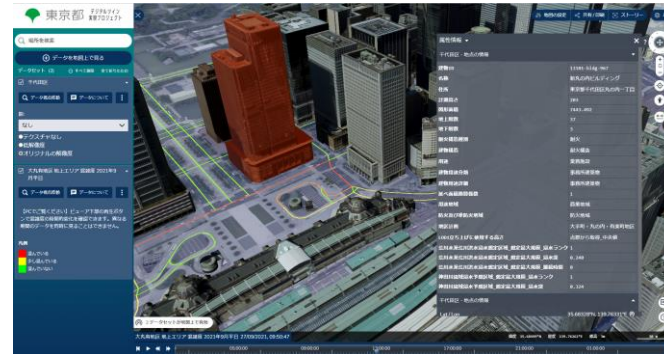
### 3DCG

主に静的な3Dデータの描画  
に利用



### 3DGIS/3D地図

主に地理空間情報の可視化・  
分析に利用



### ゲームエンジン

主に3Dデータの可視化や分析、  
インタラクティブな処理に利用



※ 各ソフトウェアの詳細・例は次ページ以降の参考に記載

画像出所)

東京都デジタルツイン3Dビューア (β版) (tokyo.lg.jp) <https://3dview.tokyo-digitaltwin.metro.tokyo.lg.jp/> (2022/08/10取得)

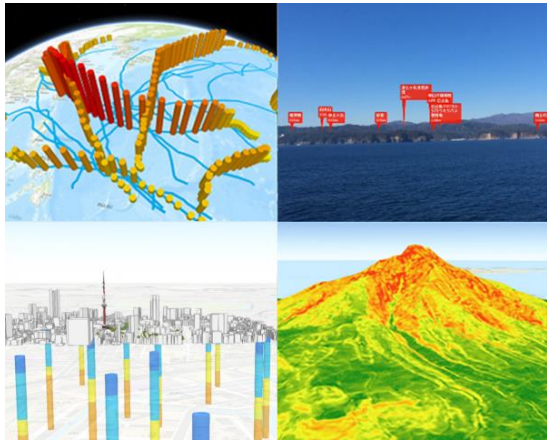
Unity for AEC | How Sitowise uses digital twins to reduce environmental impact <https://unity.com/case-study/sitowise> (2022/08/10取得)

Project Management Modeling at Trilogy Partners Part I | SketchUp <https://blog.sketchup.com/article/project-management-modeling-trilogy-partners-part-i> (2022/08/10取得)

## 3D GISは3次元空間上に 各種のデータを表現するために活用されるソフトウェア

### 3D GIS

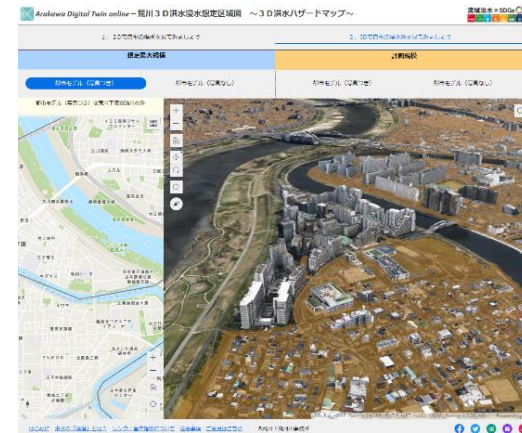
- 地理空間に紐づく情報を3次元空間上に可視化、解析するためのソフトウェア
- 地形モデルや建物モデルだけでなく、情報を効果的に表現する様々な3次元データを扱うことが可能



地理空間に紐づく特徴を各種3次元データで効果的に表現

### ArcGIS

- 代表的な3D GISソフトウェアであり、地理空間情報を収集・整理・解析等を行うことが可能
- プラットフォーム上で多様な地図データや業務活用可能なアプリケーションを提供



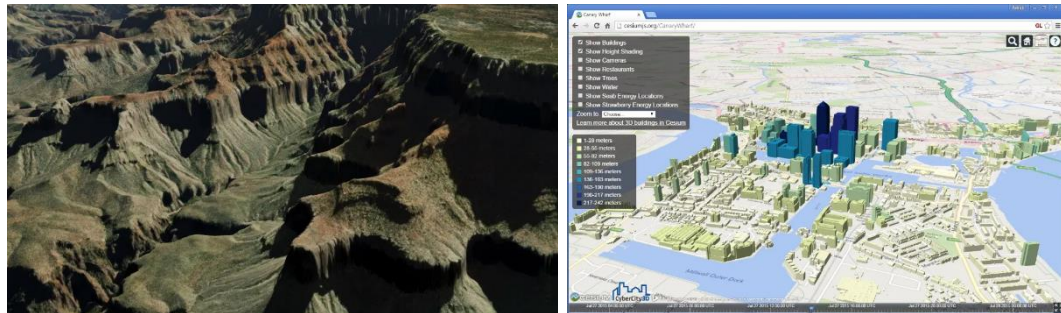
【ArcGISの活用例】ハザードマップを建物モデルと併せて3次元的に表現することで、洪水リスクを直感的に表現

具体例

## 3D地図は地図上の高さ方向の情報を扱い、空間をリアルに表現

### 3D地図

- 2次元の平面地図に、土地の標高や建物の高さ等の3次元情報を付与した地図
- 平面地図に比べて空間をリアルに再現可能



【3D地図の例】

- 土地の標高情報を持つ3D地図（左図）
- 建物の高さ情報を持つ3D地図（右図）

出所) 3Dマップとは? | 株式会社パスコ <https://www.pasco.co.jp/recommend/word/word020/> (2022/08/25取得)  
画像出所) Cesium: The Platform for 3D Geospatial <https://cesium.com/> (2022/08/25取得)

### Cesium / Terria

- ブラウザ上で3D地図を扱うためのプラットフォーム
- 多様な地理空間情報データを地図上に重畳して可視化・分析することが可能
- Cesiumはデータ描画、TerriaはCesiumの描画機能を制御するUIを提供



【Cesium/Terriaの活用例】東京都デジタルツイン実現プロジェクトでは、Cesium/Terriaを利用した3Dビューアを公開

出所) 実証環境構築マニュアル09 - 国土交通省 [https://www.mlit.go.jp/plateau/file/libraries/doc/plateau\\_doc\\_0009\\_ver01.pdf](https://www.mlit.go.jp/plateau/file/libraries/doc/plateau_doc_0009_ver01.pdf) (2022/08/25取得)  
画像出所) 東京都デジタルツイン3Dビューア (β版) <https://3dview.tokyo-digitaltwin.metro.tokyo.lg.jp/> (2022/08/25取得)

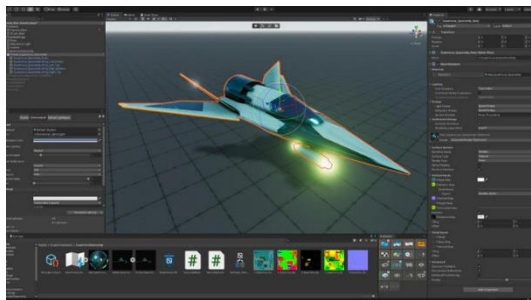
具体例



## ゲームエンジンは高品質なグラフィック処理を視覚的に操作可能にするソフトウェア

### ゲームエンジン

- ゲームを開発するための統合開発環境
- 高品質な3Dグラフィック描画や物理演算の処理が組み込まれており、効率的なゲーム開発を支援



Unityの画面例



Unreal Engineの画面例

#### 【ゲーム開発画面例】

ゲームに登場する3Dモデルや様々な処理・パラメータを直感的に操作できる

出所) 産業分野におけるゲームエンジン活用 | ソリューション | シリコンスタジオ  
<https://tech.siliconstudio.co.jp/solution/game-engine/> (2022/08/25取得)  
画像出所) Unity のゲームソリューション | Unity <https://unity.com/ja/roadmap/unity-platform> (2022/08/25取得)  
Unreal Engine のマルチ ユーザー編集の概要 | Unreal Engine  
<https://docs.unrealengine.com/5.0/ja/multi-user-editing-overview-for-unreal-engine/> (2022/10/19取得)

### Unity / Unreal Engine

- 高いシェアを占める代表的なゲームエンジン
- 主な機能を無償で利用できるライセンス体系
- 近年ではゲーム開発以外にも、映像制作や産業分野での利用も進む



Unityの活用イメージ



Unreal Engineの活用イメージ

#### 【産業分野への活用例】

右図：Unityの建築業界における教育への応用

左図：Unreal Engineの自動運転シミュレーションへの応用

出所) 安福, 加藤, & 正満 (2017). ゲームエンジン (Unity, Unreal Engine) . 映像情報メディア学会誌, 71(5), 353-357.  
画像出所) 建築設計, エンジニアリング, 建設 (AEC) 業界向けの 3D ソフトウェア | Unity  
<https://unity.com/ja/solutions/architecture-engineering-construction> (2022/08/25取得)  
多目的走行シミュレーション環境を Unreal Engine で強化 (2022/10/19取得)  
<https://www.unrealengine.com/ja/spotlights/multi-purpose-car-simulation-environment-gets-a-boost-from-unreal-engine>

具体例

## 3DCGは3次元のグラフィック制作に用いられるソフトウェア

### 3DCG

- 3次元のグラフィック制作用ソフトウェア
- グラフィック制作には、モデリング・アニメーション・レンダリング・エフェクト等の工程が存在
- 全工程の機能を備えたものを統合型3DCG  
各工程に特化したものを特化型3DCGと呼ぶ



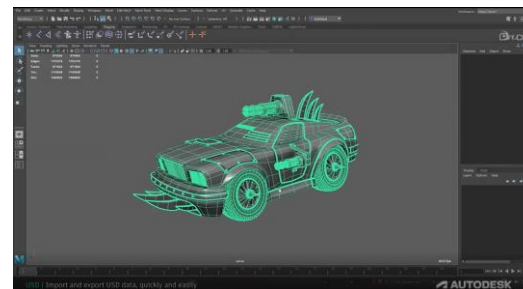
具体例

#### 【3DCGの工程例】

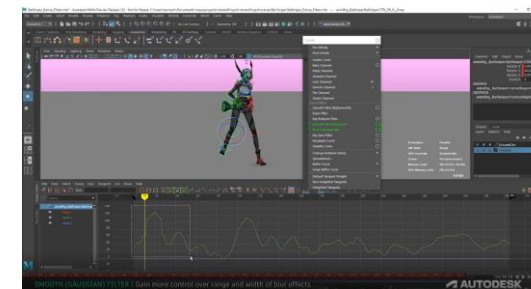
- 3次元モデルを制作するモデリング（左図）
- 質感等を編集して映像に反映させるレンダリング（右図）

### MAYA

- 統合型3DCGの代表的なソフトウェア
- モデリングからアニメーション作成までグラフィック制作の工程を扱うことが可能



モデリング



アニメーション制作

#### 【MAYAの活用例】

ひとつのソフトウェアでモデリングからアニメーション制作まで幅広く利用でき、様々な業界のアニメーター、アーティスト等に利用される。

出所) 3DCG初心者向けに主なCGソフトについて紹介するよ! <https://c3dpoly.com/3dcg-software> (2022/08/25取得)

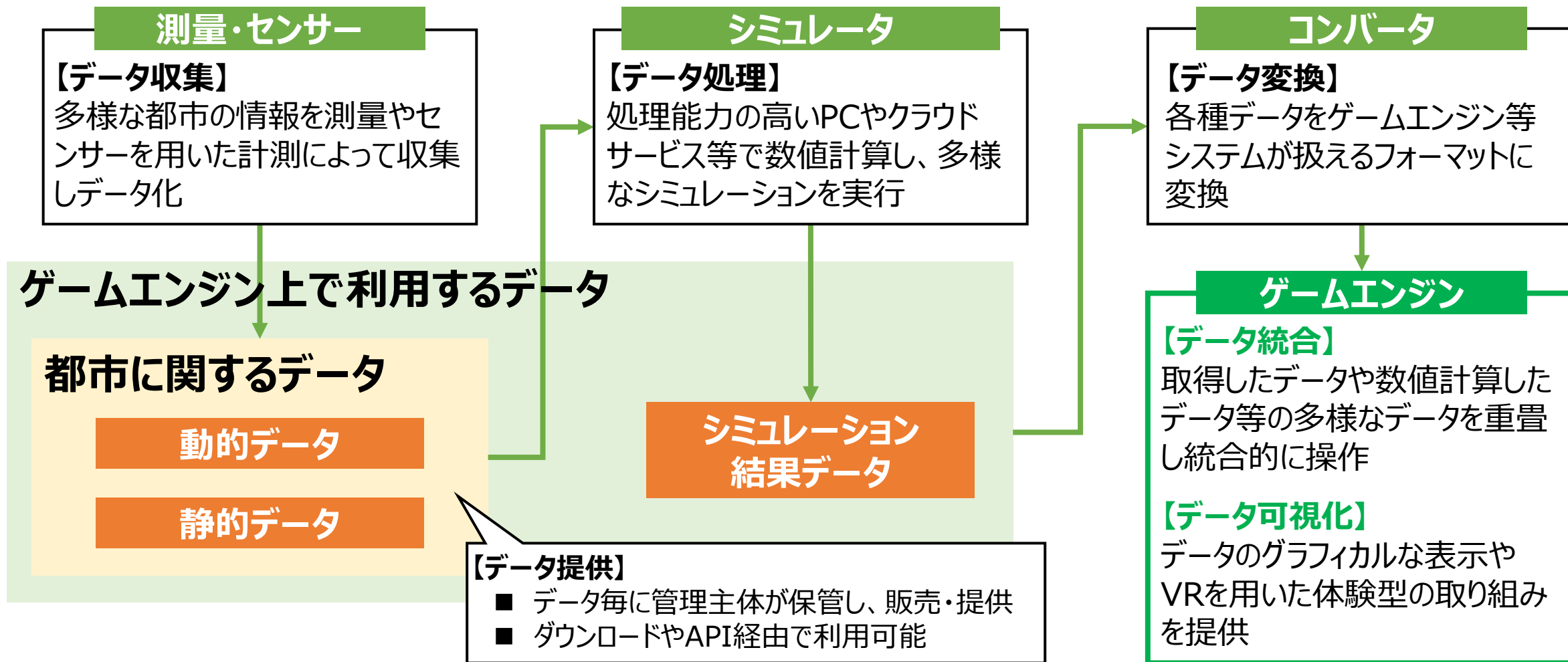
画像出所) ライノセラス | Rhinoceros | 日本 (rhino3d.co.jp) <https://www.rhino3d.co.jp/> (2022/08/25取得)

The world's first fully GPU-accelerated, biased renderer <https://www.maxon.net/ja/redshift/features?categories=631817> (2022/08/25取得)

Maya 2023 | 製品概要と購入 | Autodesk 公式 <https://www.autodesk.co.jp/products/maya/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (2022/08/25取得)

## 2.2 都市データ活用の流れとゲームエンジンの役割

ゲームエンジンは様々なデータの重畳処理・グラフィカルな処理において強みを発揮可能



## 2.3 ゲームエンジン活用の強み、弱み

# 多様なデータを統合的に取り扱い、可視化可能 地理空間情報の取扱や演算機能はユーザー側で実装が必要

### 強み

- 多様な形式の3Dデータを組み合わせて統合的に利用可能
- VR利用やクオリティの高い描画を実現
- シミュレーション結果等の数値データを可視化できる
- センサー等と通信し現実空間におけるリアルタイムデータを取扱可能
- マルチプラットフォーム（様々な種類のデバイス）での運用が可能
- 個人利用・低収益なら無償で利用可能

### 弱み

- 地理空間情報を取り扱う既存ライブラリが少なく、ユーザー側で必要な機能を検討の上、実装・変換の必要がある
- 計算機能、正確な物理演算機能等はユーザー側で実装、又はゲームエンジン外で実施しゲームエンジン上で可視化する等の工夫が必要
- リアルタイムデータについて、通信の課題等で、ネットワークを介し取得した座標・情報の即時反映が困難な場合がある



## 3. ユースケースの紹介

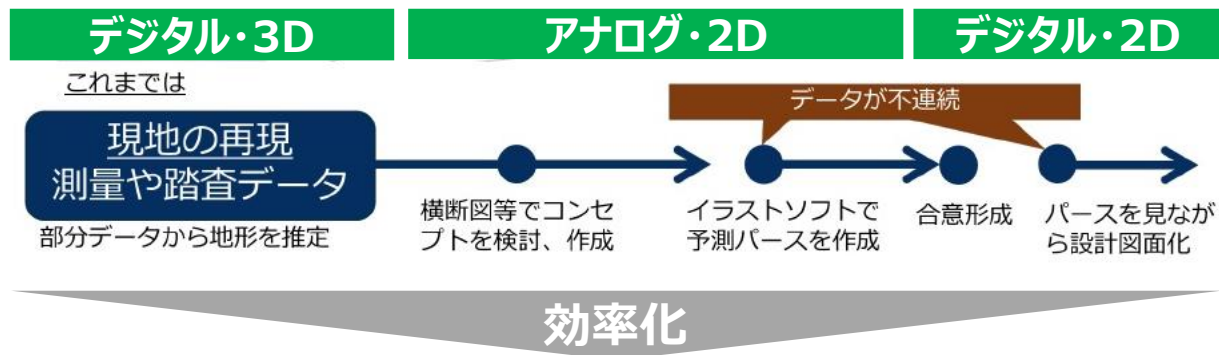
# 河川デザインにおいて、ゲームエンジンにより3Dデータを活用し、BIM/CIM連携や多人数・効率的なレビューを実現

ゲームエンジンを用いたメタバース（仮想空間）での川づくりツール（国土交通省九州地方整備局）

精度の高い可視化が可能



データフロー効率化や複数による体験に寄与



3Dデータをそのまま活用



3Dデータで合意形成



出所) ゲームエンジンを用いたメタバース（仮想空間）での川づくりツールの操作マニュアル（案） [http://www.qsr.mlit.go.jp/kyugi/tech\\_improve/dx/gameengine.html](http://www.qsr.mlit.go.jp/kyugi/tech_improve/dx/gameengine.html) （2022/07/29取得）

画像出所) 全国初メタバース（仮想世界）を用いた川づくりセミナー 受講生の WEB 募集 <https://www.jcca.or.jp/kyokai/kyushu/topics/images/2022/220422oshirase.pdf> （2022/07/29取得）

九州インフラDx推進室 <http://www.qsr.mlit.go.jp/infradx/indexge.html> （2022/07/29取得）

# 屋根の形状を含む3D都市モデルを活用し ゲームエンジン上でソーラーパネル設置の効果を測定

詳細な3Dモデル活用によるソーラーパネルの効果推算 (BİMTAŞ Inc. イスタンブール)

様々なOS、デバイスで利用可能なアプリケーションを作成

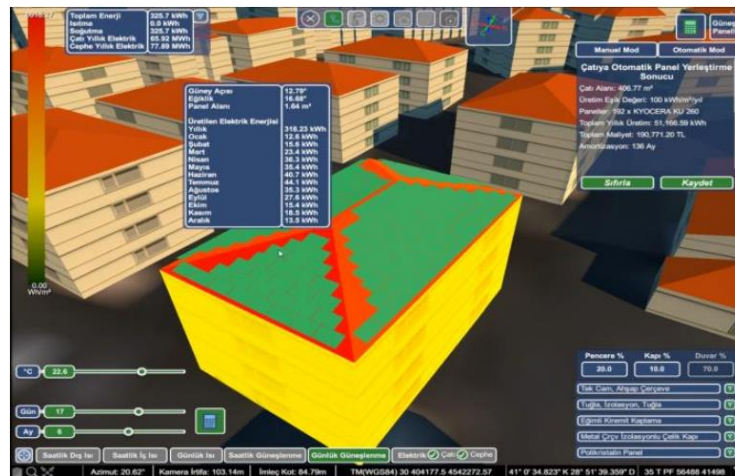
ソーラーパネルを設置した際の発電量を推算することで効率的にエネルギー計画の策定が可能

## 3D都市モデルの活用

- 屋根の形状を含む建物の三次元モデルを利用
- 太陽光が屋根にあたる角度等を計算可能

ゲームエンジンが扱える形式に変換して表示

## ソーラーパネル設置時の発電量を推算



## エネルギー計画への活用

- 建物の屋根の上にソーラーパネルを設置した際の効果を推算
- 推算される発電量をエネルギー計画やまちづくり計画に活用



# 仮想空間上で自動運転試験を行うための 合成データ生成・編集ツールをUnreal Engine上で作成

自動運転技術開発用合成データ生成・編集ツール（シリコンスタジオ株式会社、マツダ株式会社）

様々な時間帯、天候、路面状態（道のかすれ等）についてゲームエンジン上で再現し  
自動走行車の画像認識教師データに活用



晴天環境



降雪環境

# VR空間で風環境シミュレーション結果を可視化し ビル風対策・事故防止ツールや設計時の合意形成に活用

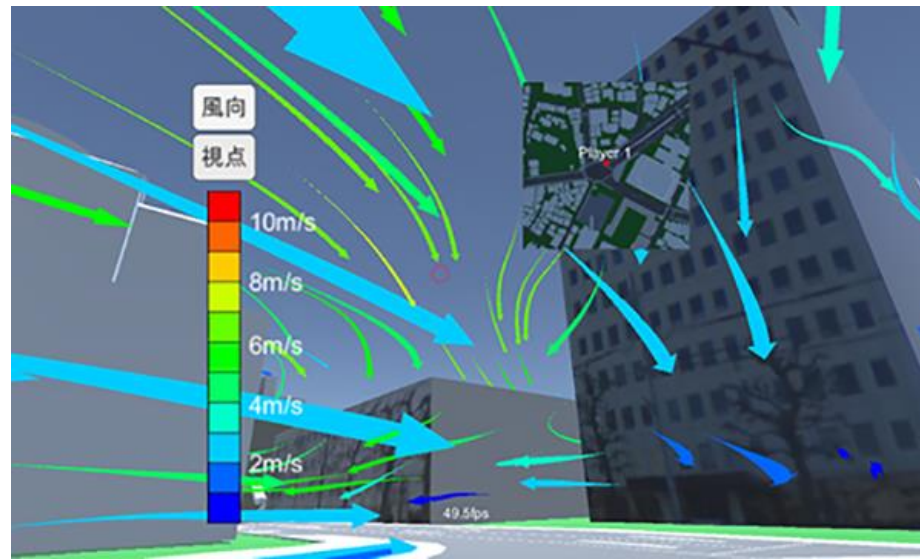
VRを活用した風環境可視化技術（熊谷組）

性質の異なるデータの統合および目に見えないものの直感的な可視化に  
ゲームエンジンの特性を活用

3D都市モデル

流体解析結果  
(風速・風向データ)

ゲームエンジン活用により  
VR空間上で統合



まちづくりへの活用

- ビル風対策
- 強風による事故防止の注意喚起ツール
- 設計時の合意形成



## 航空機の牽引をVR空間で再現し 手軽に様々な環境・状況での牽引訓練を実現

VRを用いた牽引訓練用シミュレータ（日本航空株式会社）

実機訓練と比較して手軽に場所を選ばず訓練を実施可能  
座学と比較してインタラクティブでリアルな訓練により効率的な指導を実施可能

航空機の牽引を忠実に再現



比較的省スペースで訓練可能



視点を共有した的確な指導が可能



出所) VRを用いた特殊車両・航空機の運転・操縦訓練 | MIXER - 位置情報・XR(VR.AR.MR)・ERPのITソリューションベンダー [https://www.cpnet.co.jp/vrar/case/training\\_02/](https://www.cpnet.co.jp/vrar/case/training_02/) (2022/09/09取得)  
 画像出所) 日本初、航空機の牽引訓練にVRシミュレータを導入 | プレスリリース | JAL企業サイト <https://press.jal.co.jp/ja/release/201904/005136.html> (2022/09/09取得)  
 JAL、VRによる航空機牽引訓練シミュレータを公開。ボーイング 747型機やエアバス A380型機も再現可能 - トラベル Watch <https://travel.watch.impress.co.jp/docs/news/1180649.html>  
 (2022/09/09取得)

# 点群をベースに忠実に再現したオフィス内において 内装デザインや調光のシミュレーションを実施して合意形成に活用

VRを活用したハイクオリティな可視化とゲームエンジン上での調光シミュレーション（Unity Japan, 積木製作）

実際に室内で取得された点群データをベースにオフィス内を忠実にモデル化し  
ゲームエンジン上で内装デザインの可視化や調光・反射のシミュレーションを実施

## 点群をベースとした精緻なモデル制作



## VR空間での高精度な可視化



※ 出所画像をトリミングして作成

## 調光シミュレーション



※ 出所動画からキャプチャトリミングして作成

出所)

Unity Japan Office プロジェクト 実績 | 積木製作 [http://tsumikiseisaku.com/result/unity\\_jop.html](http://tsumikiseisaku.com/result/unity_jop.html) (2022/10/04取得)

Unity Japan Office showreel Tsumikiseisaku - YouTube <https://youtu.be/4rhdYkFoXmM> (2022/10/04取得)



# センサーによって取得したリアルタイムデータを活用し インタラクティブなアート作品を実現

ゲームエンジンとセンサーの連携によるインタラクティブアート制作（チームラボ株式会社）

センサーにより検知・推測した人の動きをリアルタイムにゲームエンジンへ連携することで  
人の動きに応じて変化するデジタルアートを制作

## センサーにより人の動きを検知

- カメラや測距センサー等を設置しデータを取得
- 画像処理や機械学習を活用することで、センサーデータから人の位置・動きを推測

人の動きをリアルタイムに  
ゲームエンジンへ連携

## 人の動きに応じてリアルタイムに映像が変化



※ 出典動画からキャプチャして作成

## 3.2 ゲームエンジン活用ユースケース例まとめ

### 既に多様なユースケースにおいて活用が進む

ユースケース（事例）	実施主体	ゲームエンジン 活用方法	ゲームエンジン 活用の課題	活用データ	関連する 活用分野
河川デザイン：環境面の制約条件モデル（地形データ）BIM/CIMとの接続(2021)	国土交通省 九州地方整備局	<ul style="list-style-type: none"><li>直感的操作によるデザインを実現</li><li><b>高度な可視化</b>により河川デザインの景観評価・<b>合意形成に利用</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>地理空間上の座標を持たないデータを変換することが手間</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>河川を測量した3D地形モデル</li><li>デザインされた河川の3Dモデル</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>防災</li><li>まちづくり</li></ul>
太陽光エネルギー推計、3D地下設備マッピング(2017、イスタンブール)	Bimtas、 University of Technology, Malaysia	<ul style="list-style-type: none"><li><b>多様なプラットフォームで運用可能なアプリケーションを構築</b></li><li>大規模なデータを<b>高精度かつ軽量に描画</b></li><li>ニーズに合わせた機能やモジュールを柔軟に組み合わせて活用</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>グラフィカルに操作する画面を実装する必要あり</li><li>既存の他ソフトウェアとの連携や統合が難しい</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>3D都市モデル</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>エネルギー</li><li>まちづくり</li></ul>
仮想環境での自動運転実証実験(2022)	シリコンスタジオ株式会社	<ul style="list-style-type: none"><li><b>現実の環境を忠実に再現し</b>、自動運転技術開発に利用するデータ収集を効率化</li><li>現実での取得が難しい環境であっても<b>仮想空間で手軽に再現</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>現実空間と仮想空間の再現度の評価方法に課題</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>3D都市モデル</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>モビリティ</li><li>産業</li></ul>

## 3.2 ゲームエンジン活用ユースケース例まとめ

### 既に多様なユースケースにおいて活用が進む

ユースケース（事例）	実施主体	ゲームエンジン活用方法	ゲームエンジン活用の課題	活用データ	関連する活用分野
VRを活用した風環境可視化技術の開発（2018）	建設会社 熊谷組	<ul style="list-style-type: none"> <li>風の流れのような<b>目に見えない情報を効果的に可視化</b></li> <li>VR利用により知識が無い人でも体験を通して<b>直感的に理解可能</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>（ゲームエンジン利用時に特有の課題ではないが）直感的な理解に資する可視化方法は、作成者による工夫が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D都市モデル</li> <li>シミュレーション結果の数値データ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自然</li> <li>まちづくり</li> </ul>
VRシミュレータを活用した航空機の牽引訓練（2019）	JALグランドサービス、コミュニケーション・プランニング	<ul style="list-style-type: none"> <li>実機訓練に比べて<b>省コストでリアル</b>な訓練を実現</li> <li>実機では難しい<b>訓練環境や状況の設定が可能</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>導入初期は実機訓練と比較した訓練効果の評価が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>航空機や車両の3Dモデル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教育</li> <li>働き方</li> </ul>
VR空間での内装デザイン可視化と調光シミュレーション（2019）	Unity Japan、積木製作	<ul style="list-style-type: none"> <li>VR空間での<b>ビジュアル的な訴求力を持つ可視化</b></li> <li>忠実なモデルを活用し、内装デザインの<b>可視化や調光シミュレーション</b>を実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>P.20で紹介しているレベルの忠実なモデルやハイクオリティなビジュアルを作成するためには、高水準な技術力が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>室内で取得した点群データ</li> <li>点群データをベースに作成された室内の3Dモデル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>産業</li> <li>建築</li> </ul>
ゲームエンジンとセンサーの連携によるインタラクティブアート制作（2018）	チームラボ株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>リアルタイムデータを取り扱う</b>ことでインタラクティブな処理を実現</li> <li><b>高度なグラフィック性能</b>を活かしてデジタルアートを制作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>センサー値から人の動きを検出する部分は外部の処理であり、高い技術力を要する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部のセンサーから取得・推測した人の動き</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>産業</li> <li>エンタメ</li> </ul>

## 4. ゲームエンジンにおけるデータの取扱

## 4.1 デジタルツインで取り扱うデータの例

# 東京都デジタルツイン実現プロジェクトでは下記データ等を取扱

データ種別	データの概要	具体例	フォーマット	2D/3D	
CityGML	3D都市モデルのためのオープンデータモデル及びデータ形式の国際標準。都市の構成要素について、「LODと呼ばれる詳細度の異なる3Dモデル」・「建物の利用用途等の属性情報」を保持する。	建築物の3Dモデル	.gml	3D	
BIMデータ	3次元の形状情報に加え、室等の名称・面積、材料・部材の仕様・性能、仕上げ等、建築物の属性情報を併せ持つ建物情報モデルのこと。	建物の3Dモデル 部材等の属性情報	.ifc 等	3D	
点群データ	物体表面の3次元形状を点の集合で表現するデータのこと。各点は空間内における座標に加え、色等の属性情報が付与されることもある。計測機器と物体表面までの距離をレーザースキャンで計測することで作成される。	建物の3Dモデル 地形の3Dモデル	.las .ply 等	3D	
GIS データ	ベクター データ	建物や地物を地図上に「ポイント・ライン・ポリゴン」を用いて表現するデータのこと。基準点から見た「方向・大きさ」を利用することで、形状を正確に表現できるため、明確な境界を持つ情報の可視化に利用されることが多い。	ポイント：電柱・信号 ライン：路線・配水管 ポリゴン：建物・行政界	.geojson .shp 等	2D・3D
	ラスタ データ	グリッド状に並んだピクセルの各セルに数値データを保持することで空間的な値の分布を表現するデータのこと。素早い描画が可能な一方、ピクセルサイズ以下の表現が難しく、明確な境界を持つ情報の保持には適さない。	画像・衛星画像 標高データ・気温データ	.tiff .png .bmp 等	2D

参考) ベクターデータとは？ | GIS 基礎解説 | ESRIジャパン <https://www.esri.com/gis-guide/gis-datamodel/vector-data/> (2022/09/30取得)  
ラスタデータとは？ | GIS 基礎解説 | ESRIジャパン <https://www.esri.com/gis-guide/gis-datamodel/raster-data/> (2022/09/30取得)  
3D都市モデルとCityGMLとは | PLATEAU <https://www.mlit.go.jp/plateau/learning/> (2022/09/30取得)  
官庁営繕事業における BIM モデルの作成及び利用に関するガイドライン <https://www.mlit.go.jp/common/001247622.pdf> (2022/09/30取得)



# 4.1 デジタルツインで取り扱うデータの例

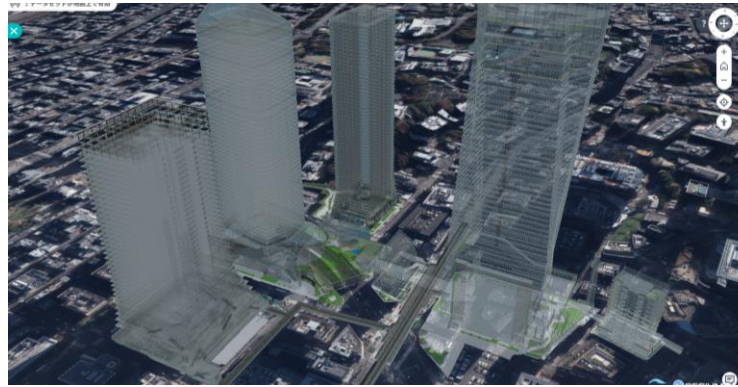
## 東京都デジタルツイン実現プロジェクトでは下記データ等を取扱

### CityGML



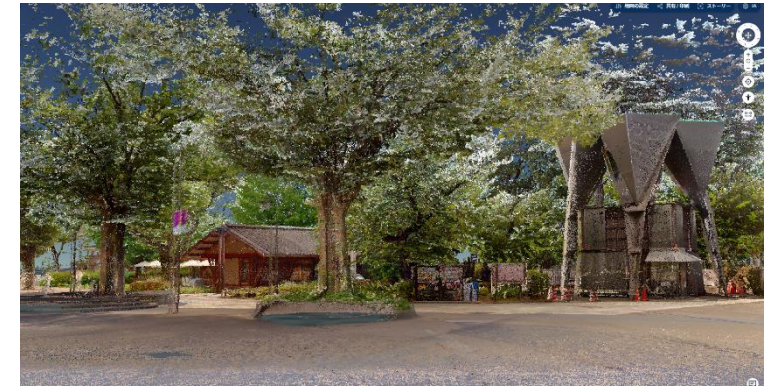
例：都庁周辺3Dデジタルマップ

### BIMデータ



例：虎ノ門ヒルズ BIMデータ

### 点群データ



例：上野恩賜公園 点群データ

### ベクターデータ



例：線による避難経路の図示

### ラスターデータ



例：高潮浸水想定区域の可視化

出所)

CityGML・点群データ・ベクターデータ・ラスターデータ  
東京都デジタルツイン3Dビューア

<https://3dview.tokyo-digitaltwin.metro.tokyo.lg.jp/>  
(2022/9/30取得)

BIMデータ

国土交通省 PLATEAU View

<https://plateauview.mlit.go.jp/> (2022/9/30取得)

# 4.2 都市のデジタルツイン上のデータ提供形式

## データの提供方法として下記の2パターンを想定

### データダウンロード形式

#### データそのものをダウンロードして活用

データ

- データ目録**  
東京都23区の提供データ目録です。 [← 詳細 ↓](#)
- CityGML**  
CityGML形式のデータで、次のデータが格納されています。 建築物 橋梁 道路 土地利用・公園 地形 都市設備 洪水浸水想定区域 (国管理、都管理) ... [← 詳細 ↓](#)
- 3D Tiles, GeoJson, MVT, Shape**  
3D Tiles形式は、次の項目が格納されています。 建物モデル 橋梁モデル 洪水浸水想定区域 (国管理河川、県管理河川) ... [← 詳細 ↓](#)
- FBX**  
建築物、橋梁、道路、地形及び構築範囲図 (PDF形式) のデータです。 ファイルサイズは約2.8GBです。 更新情報 2022年4月1日... [← 詳細 ↓](#)
- OBJ**  
建築物、橋梁、道路、地形及び構築範囲図 (PDF形式) のデータです。 ファイルサイズは約2.1GBです。 更新情報 2022年4月1日... [← 詳細 ↓](#)
- GeoTIFF**  
東京都23区のオルソ画像データです。 範囲：四郭割図 (ファイルサイズが約220MBあります) 撮影時期：2018年 座標参照系：平面直角座標系... [← 詳細 ↓](#)

【メリット】 事前にデータをダウンロードしておくことで、インターネット通信が無い状況でも利用可能

【デメリット】 データの更新が自動的に反映されず再ダウンロードが必要

### データ配信形式

#### データをWeb経由で提供 / 利用

README.md

### PLATEAU配信サービス (試験運用) -チュートリアル

- 本リポジトリについて**  
Project PLATEAUでは、プロジェクトにおいて作成した3D都市モデルをはじめとする各種データセットをウェブ上で提供するPLATEAU配信サービスを試験運用しています。本リポジトリは、PLATEAU配信サービスの利用方法及びこれに関連するナレッジを提供するチュートリアルです。
- PLATEAU配信サービス (試験運用) について**  
Project PLATEAUでは、3D都市モデルの可視化環境としてCesium及びTerriaJSを利用したPLATEAU VIEWを構築・運用しており、PLATEAU配信サービスではPLATEAU VIEWで利用されている各種データセットを無償で利用可能です。なお、本サービスはあくまで試験的な運用であるため、提供期間やサービスレベルについては保証できないことご了承ください。
- 利用可能なデータセット**  
PLATEAU配信サービスは下記のデータセットに対応しています。各データセットごとの利用方法は各チュートリアルを参照してください。

データセット	説明	チュートリアル
PLATEAU-3DTiles	建築物モデル等の3DTilesデータ	<a href="#">plateau-3dtiles-streaming</a>
PLATEAU-Terrain	地形モデルのTerraindbデータ	<a href="#">plateau-terrain-streaming</a>
PLATEAU-Ortho	航空写真オルソ画像タイルデータ	<a href="#">plateau-ortho-streaming</a>

【メリット】 全データをダウンロードしなくても、必要な時に必要なデータだけを利用することが可能

【デメリット】 インターネットを介して利用するため大きいサイズのデータ利用には速度・通信量面で注意が必要



## 4.3 ゲームエンジン上でのデータの取扱の特性・課題

### 地理空間データのゲームエンジン上での円滑な活用には課題もあり

#### 地理空間データ取扱における課題

- ゲームエンジンで地理空間情報を取り扱う既存ライブラリは少なく、各種地理座標系からのデータ変換をデフォルトでサポートしない
- CityGML形式データ等において、セマンティクスデータ（属性）の保持・活用手法は個別検討が必要
- 3D都市モデル、点群等、データサイズが大きいデータの変換・取扱が必要

#### 課題の解決（データ取扱のハードル削減）

- 各種データをスムーズにゲームエンジンに読み込むためのプラグイン、SDKの実装
- デジタルツイン上のデータを簡便に取り扱うことを可能にする、既に一定のデータを読み込んだサンプルプロジェクトの配布

## 5. ゲームエンジン活用の今後の展望

# 5.1 想定されるゲームエンジン活用ユースケース

## 高精度グラフィック・VR等による体験型の取組に活用可能

想定ユースケース例	ユースケースの詳細	想定される導入先
街づくり計画の住民説明における体験型コンテンツ活用	<ul style="list-style-type: none"><li>2Dの計画図や文書では伝わらない詳細部分を<b>VR等を通した体験型の説明</b>に置き換え、納得感のある計画説明を実施する。</li><li>住民には、良い面も悪い面も詳細が分かるよう体験してもらうことで、計画実施後のイメージの齟齬を小さくする。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>国</li><li>自治体</li><li>民間の建設業者 等</li></ul>
震災時シミュレーションのグラフィカルな表示	<ul style="list-style-type: none"><li><b>数値からは感じ取れない危険性を、グラフィカルに体験</b>することで当事者意識を醸成する。</li><li>小中学校を中心に<b>体験型の防災訓練を導入</b>することで、発災時のパニック発生の可能性を緩和する。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>国</li><li>自治体</li><li>小中学校</li><li>民間の建設物管理業者 等</li></ul>
普段見えない現象の可視化による表現	<ul style="list-style-type: none"><li><b>温度分布の時間変化や地下埋設物の位置等、普段見えないものをVR・AR等で現実空間上に可視化</b>したように見せ、各種協議やシミュレーション結果の説明に利用</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>国</li><li>自治体</li><li>民間企業 等</li></ul>

## 5.2 ゲームエンジン活用により解決される課題

### ゲームエンジンの描画性能や各種機能が オープンデータ活用促進の切り口となる

#### 3D地図ビューアの課題

- 地理空間に紐づけられていないデータ等、多様な3Dデータを重ね合わせるには変換等にハードルがある。
- ブラウザの描画性能による制限で、大規模点群や広範囲の3Dモデル表示に時間がかかる。
- アイレベルのデータ追加・可視化精度向上には手間がかかる等課題がある。

解決・補完

#### ゲームエンジン利用によるメリット

- データが適切に整備されていれば、様々なデータを簡易・自由に組み合わせた取り組みが可能。
- 高度な描画機能を、独自に開発せず、比較的容易に活用することが可能となる。
- 高精度な可視化に加え、VR機能が簡易に利用できることで、データを用いた検証の幅が広がる。

## 6. ゲームエンジン活用を展望した デジタルツイン上データ整備における 留意事項

# 6.1 今後必要となるデータ整備の方針

## ゲームエンジンの特性に合わせたデータ整備が必要となる

対象項目	ゲームエンジンの特性
データサイズ	<ul style="list-style-type: none"><li>ゲームエンジンでの活用に必要となる十分なクオリティの3次元データは、データサイズが膨大になることが考えられる。</li></ul>
データ更新の頻度	<ul style="list-style-type: none"><li>XRを活用したインタラクティブな体験を実現するためには、現実世界のリアルタイム情報を取得する必要がある。</li><li>現実のリアルな再現には、データが定期的に更新されていることが必要となる。</li></ul>
テクスチャ品質	<ul style="list-style-type: none"><li>ゲームエンジンのリッチな描画能力を活かした表現には、高品質なテクスチャ情報が必要となる。</li></ul>
アセット・プラグイン	<ul style="list-style-type: none"><li>ゲームエンジンでは、アセットと呼ばれるデータセットや、プラグインを活用し開発を効率化可能である。</li></ul>

### 整備が必要な事項（例）

- BIM等3Dデータのディテールの簡略化等、**使用目的に応じ適切なサイズ縮小**を実施する。
- 大容量データを適切に保管**する方法を検討する。
- データの特性に合わせた頻度で、**定期的にデータ取得・更新**を実施する。
- データの整備時に、**点群の色情報やテクスチャ生成の元となる高解像度写真・LOD3以上の3D都市モデル等**を併せて整備する。
- ニーズの高い活用法に対応するデータについては、事前のプロジェクトファイル・アセット化や、プラグイン・SDK等の整備**を検討する。

# ご協力企業

- 本レポートは以下の企業の皆様へのインタビュー等を踏まえて作成しております。
- ・シリコンスタジオ株式会社
- ・凸版印刷株式会社
- ・Pacific Spatial Solutions株式会社
- ・Symmetry Dimensions Inc.