【主要用語解説】

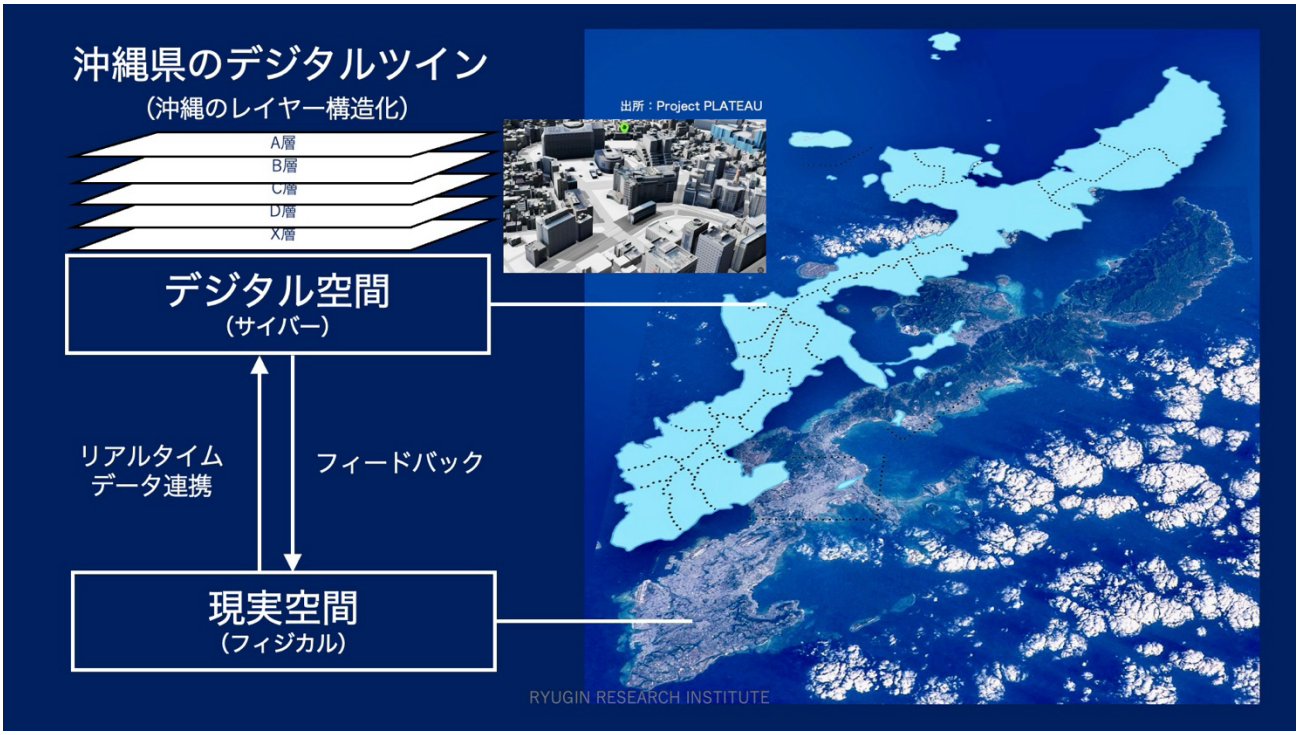
・地理空間情報・・・・・	「地理」「空間」に関連づけられた情報。「地理空間情報活用推進基本法（平成19年法律第63号）」第2条第1項に定義されており、次の情報を指す。 1.空間上の特定の地点または区域の位置を示す情報 2.上記の情報と、上記の情報と関連付けられた情報からなる情報
・オープンデータ・・・・	機械判読に適したデータ形式で、無料で二次利用が可能な利用ルールで公開されたデータのこと。誰でも許可されたルールの範囲内で自由に複製・加工や頒布などができ、商用利用も可能。
・3D都市モデル・・・・	都市空間に存在する建物や街路といったオブジェクトに、名称や用途といった都市活動情報を付与することで、都市空間そのものを3Dデータで再現した「デジタル地図」のこと。
・EBPM・・・・・・・	Evidence Based Policy Makingの略。政策の企画をその場限りのエピソードに頼るのではなく、政策目的を明確化したうえで合理的根拠（エビデンス）に基づくものとすること。
・Society5.0・・・・・	「第5期科学技術基本計画（平成28年1月22日閣議決定）」において提唱された概念。フィジカル（現実空間）とサイバー（仮想空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する人間中心の社会。
・デジタルツイン・・・	現実空間から収集した様々なデータを、コンピューター上で再現する技術。現実空間と対になる双子（ツイン）をデジタル空間上に構築し、モニタリングやシミュレーションを可能にする仕組み。
・Project PLATEAU・・	2020年12月に発足した国土交通省のプロジェクト。都市空間そのものを3Dで再現する3D都市モデルの整備・活用・オープンデータ化を進めることで、まちづくりのDXを進める。都市計画の高度化や都市活動のより精細なシミュレーションに役立つことや、多様な生き方や暮らし方を支えるサステナブルで人間中心のまちづくりの実現などを目的とする。
・デジタルトランス・・・ フォーメーション	デジタルテクノロジーを使って、ビジネスプロセス・文化・顧客体験を新たに創造して、変わり続けるビジネスや市場の要求を満たすプロセスのこと。デジタル変革やDXともいう。
・VR・・・・・・・・・	Virtual Realityの略。コンピューターによって創り出された現実であるかのように疑似体験できる仕組み。 仮想現実のこと。
・AR・・・・・・・・・	Augmented Realityの略。現実の風景に対し、コンピュータで情報を付加または合成して表示する技術。 拡張現実のこと。
・スマートシティ・・・・・・	デジタル技術を活用して、都市インフラ・施設や運営業務等を最適化し、企業や生活者の利便性・快適性の向上を目指す都市。
・デジタル田園都市国家構想・	デジタルの力で、地方の個性を活かしながら社会課題の解決と魅力の向上を図ることを目的に、2021年に岸田文雄内閣の下で始動した構想。
・点群データ・・・・・・・・	点の集まりによって構成され、コンピューターで取り扱うデータのこと。3次元座標値（X,Y,Z）と色情報（R,G,B）で構成する。
・センシングデータ・・・・・	**センシング**とは、センサーと呼ばれる感知器などを使用して様々な情報を計測して数値化する技術で、それによって得たデータ。
・BIM/CIM・・・・・・・・	Building /Construction Information Modeling,Management（2018年度から国土交通省での表記）の略。計画、調査、設計段階から3次元モデルを導入することにより、その後の施工、維持管理の各段階においても3次元モデルを連携・発展させて事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、一連の建設生産・管理システムの効率化・高度化を図ること。
・CPS・・・・・・・・・・	Cyber Physical Systemの略。現実空間（フィジカル）で収集した様々なデータや情報を仮想空間（サイバー）で融合させ、分析や解析を行い、現実空間へフィードバックすることで最適化を図る仕組み。昨今のデジタルツインを可能にする仕組みのこと。
・インダストリー4.0・・・・ イニシアティブ	インダストリー4.0イニシアティブは、ドイツ政府が2011年に発表した産業政策で、製造業を完全にデジタル化するための戦略的イニシアティブのこと。「第4次産業革命」と言われ、製造業においてIT技術を取り入れ、改革することを目指す。現在は、欧州委員会によって「インダストリー5.0」が提唱されている。
・CityGML・・・・・・・・	都市や風景のデジタル3Dモデルを保存するための、オープンな標準化されたデータモデルおよび交換フォーマット。建築物をはじめ、道路や地形、橋梁、トンネル、土地利用、植生、水域などといった都市を構成するあらゆる要素を3Dモデル化することができる。地理空間情報に特化したXMLフォーマットであるGML（Geography Markup Language）を拡張している。
・GIS・・・・・・・・・・	地理情報システムのこと。位置に関する様々な情報を持ったデータを加工/管理したり、地図の作成や高度な分析等を行うシステム技術の総称。
・アイデアソン・・・・・・	アイデア（Idea）とマラソン（Marathon）を掛け合わせた造語。特定のテーマについてグループ単位でアイデアを出し合い、その結果を競うイベントのこと。
・ハッカソン・・・・・・・	プログラムの改良を意味するハック（hack）とマラソン（marathon）を掛け合わせた造語。 IT技術者がチームを組み、与えられたテーマに対して、定められた期間に集中的にソフトウェアやサービスを開発し、アイデアの斬新さや技術の優秀さなどを競い合うイベントのこと。

＜要　旨＞

- 本レポートは、自治体が保有する地理空間情報の「3D 都市モデル化及びオープンデータ化」を求めると共に、沖縄県全体での活用促進を提言するものである。都市経営の EBPM（エビデンスベースでの政策立案）を支え、オープンデータ活用による共創機会の増加で地域 DX を促進し、交通整備や防災計画策定など広域連携でのシミュレーション活用など、標準規格で整備された「3D 都市モデル」は、あらゆるシーンで活用可能なデジタルデータとして期待される。
- 日本は超高齢・少子化が加速し、人口減少による生産力の著しい低下が将来的に懸念されている。対策として「働き方改革」「外国人労働者共生」「ICT 活用」などが進められているが、それらの環境整備に共通して求められるのがデジタルデータの活用である。組織や分野ごとに個別最適化したアナログ情報をデジタル化し、機械判読可能なデジタルデータにすることで、業務の自動化や他分野連携を促進する。
- 国が進める Society5.0 は、「現実空間（フィジカル）と仮想空間（サイバー）を高度に融合させた超スマート社会の実現を目指す」とする。「社会のあらゆる要素をデジタルツインとして構築し、制度やビジネスデザイン、都市や地域の整備などの面で再構成した上で、現実空間に反映し社会を変革する（内閣府）」としている。それにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する「人間中心」の社会を目指す。
- 「デジタルツイン」は、Society5.0 の実現を支える技術のひとつである。現実空間と連動してリアルタイムでデータを取得し、デジタル空間で分析・シミュレーションを行い、その結果を現実空間へフィードバックする。これまで製造業を中心として活用されていた技術だが、世界では都市計画や交通、環境など様々な分野で、デジタルツインの活用が進められている。シンガポールの「バーチャルシンガポール」、オランダの「スマートシティモニター」、韓国の「S-Map」などが代表例である。
- 今後必要とされる都市経営では、都市計画をより洗練させ、公共交通の利便性を高め、エネルギー使用を効率的にし、地域医療体制の充実などが求められる。さらに、防災・減災対策、緊急時の避難計画なども必要になる。これらの取り組みは、データに基づいた政策の策定や決定プロセスを経て、住民の合意形成にも努めなければならない。このように難度が高く複雑化した課題を解決していくには、都市の現状をあらゆる角度から可視化できるレイヤー構造（多層）の仕組みが必要となる。
- 国土交通省は、2020 年度に 3D 都市モデルの整備・活用・オープンデータ化を進める「Project PLATEAU（以下、プラトー)」をスタートさせた。プロジェクトでは、日本全国の建物や道路を 3D データで表現し、都市全体をサイバー空間上に再現することを進めている。そこに多様な地域のデータを重ね合わせ、都市全体を多面的・多角的に可視化する「都市のデジタルツイン」を実現し、まちづくりそのものをデジタルトランスフォームすることを目指している。3D 都市モデルの整備と活用は、その「最初の一歩」であり、効率的な都市経営を行なっていくための基盤作りと言える。
- まちづくりにおける協調領域では、それぞれの地域で個別最適化せず、相互運用性を備えた「標準化」の設計が求められる。プラトーは、国際標準規格のデータ形式「CityGML」を採用し、2023 年度末までに「218 地域」の 3D 都市モデルを整備し、オープン化した。それに連動し、「デジタル田園都市国家構想総合戦略」では、2027 年までに「全国 500 都市の 3D 都市モデルの整備」を主要 KPI として目標に掲げている。
- 県内でも多くの自治体が「デジタル田園都市国家構想」に参加し、スマートシティ構築に向けた取り組みを進めている。それぞれの地域が、テクノロジーを活用して地域の魅力を存分に発揮させるまちづくりを進めることは重要である。加えて、それぞれの地域がシームレスにつながり、全体最適としての「スマートアイランドオキナワ」を目指すことも同じく重要である。その実現には、各自治体がこれまでに整備した地理空間情報を「3D 都市モデル」として再整備し、オープンデータとして活用することが望まれる。3D 都市モデルは、自治体個別の総合計画だけでなく、広域にまたがる各種計画の策定・実行・検証に有効な地域のデジタルデータとして活用が期待できると共に、民間等の共創によるイノベーション創出も期待できる。

＜目次＞

１．広がるデジタルツインの領域・・・・・・・・・・・・・・・・P5
２．デジタルツインを支えるテクノロジー・・・・・・・・・・・・P6
３．分野を超えたデジタルツインの活用・・・・・・・・・・・・P8
４．都市経営で求められる「都市のデジタルツイン」・・・・・ P9
５．デジタルツインの世界市場規模・・・・・・・・・・・・・・P11
６．世界の都市のデジタルツイン・・・・・・・・・・・・・・ P11
７．Project PLATEAU・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・P13
８．PLATEAU コンソーシアムの設立とエコシステム構築・・・・P18
９．広がる日本の 3D 都市モデル構築・・・・・・・・・・・・・P19
10．日本の都市型デジタルツインの取り組み・・・・・・・・・P20
11．今後に向けた提言・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ P23



沖縄県デジタルツインイメージ

１．広がるデジタルツインの領域

デジタルツインの動きが世界で加速している。製造業など主にものづくり分野で取り入れられていたデジタルツインであるが、昨今、建設・土木、物流、モビリティ、医療、防災、スマートシティなど多岐に亘り応用されている。

デジタルツイン（英：DigitalTwin）とは、「デジタルの双子」という言葉が示す通り、私たちが暮らす現実空間にあるモデルを、デジタル空間（またはサイバー空間　以下同様）に双子のように再現して解析やシミュレーションを行い、その結果を現実空間にフィードバックする仕組みをいう。以前は、デジタル空間に再現した現実空間モデルそのものをデジタルツインと呼んでいたが、近年は現実空間へ反映させるまでの一連の動的な仕組みを指すことが多い。

デジタルツインは、シミュレーションと混同されるが、実際には異なる。

シミュレーションは、現実空間のモデルを「異なる場所」で再現し、データ収集や効果検証を行う。再現場所はデジタル空間に限定されない。また、仮説設定やデータ入力、記録、解析作業など多くの場面で人が携わる。そのため、現実空間とのタイムラグや様々なズレが発生する。

一方でデジタルツインは、現実空間とデジタル空間の間で情報をタイムリーに同期することで稼働する。実際の物理的対象物やプロセスを、IoT や AI 等を活用することでリアルタイムに反映し続ける、より動的で複雑なデジタルレプリカである。シミュレーションを超えて、継続的な学習、適応、最適化のプロセスをサポートするのがデジタルツインと言える。

デジタルツイン活用のメリットとしては、以下のようなことが挙げられる。（図１）

(1) 予防的メンテナンス

従来は、トラブルが発生した際に現場からの調査報告や顧客からのフィードバックをもとに原因究明を行なってきた。デジタルツインを活用することで、製品やサービスの稼働状況をリアルタイムで把握ができるため、原因追求が早くなると同時に故障予測が容易になる。

(2) 品質保証・品質向上

IoT などセンサーによって収集した様々なデータを収集・可視化することで、複合的な分析が可能となり、製品やサービスの不具合を特定しやすくなる。また、可視化が容易なため、各部門の知見・意見が集約しやすくなり、品質向上が期待できる。

(3) コスト・リスク削減

デジタル空間（またはサイバー空間）でのシミュレーションにより、開発・設計段階での費用把握が容易になり、コスト削減が期待できる。 また、新規開発等においても、必要コストや人員試算も可能となる。結果的に開発リスクを抑えながら、短期間でのプロジェクト実施が期待できる。

(4) 質の高いデータ取得・蓄積

現実空間をデジタル空間で再現することで、デジタルデータの取得と蓄積が容易になる。これにより人間の手作業によるミスやタイムラグを防ぎ、質の高いデータがリアルタイムで取得・蓄積され、データ連携や分析も容易になる。

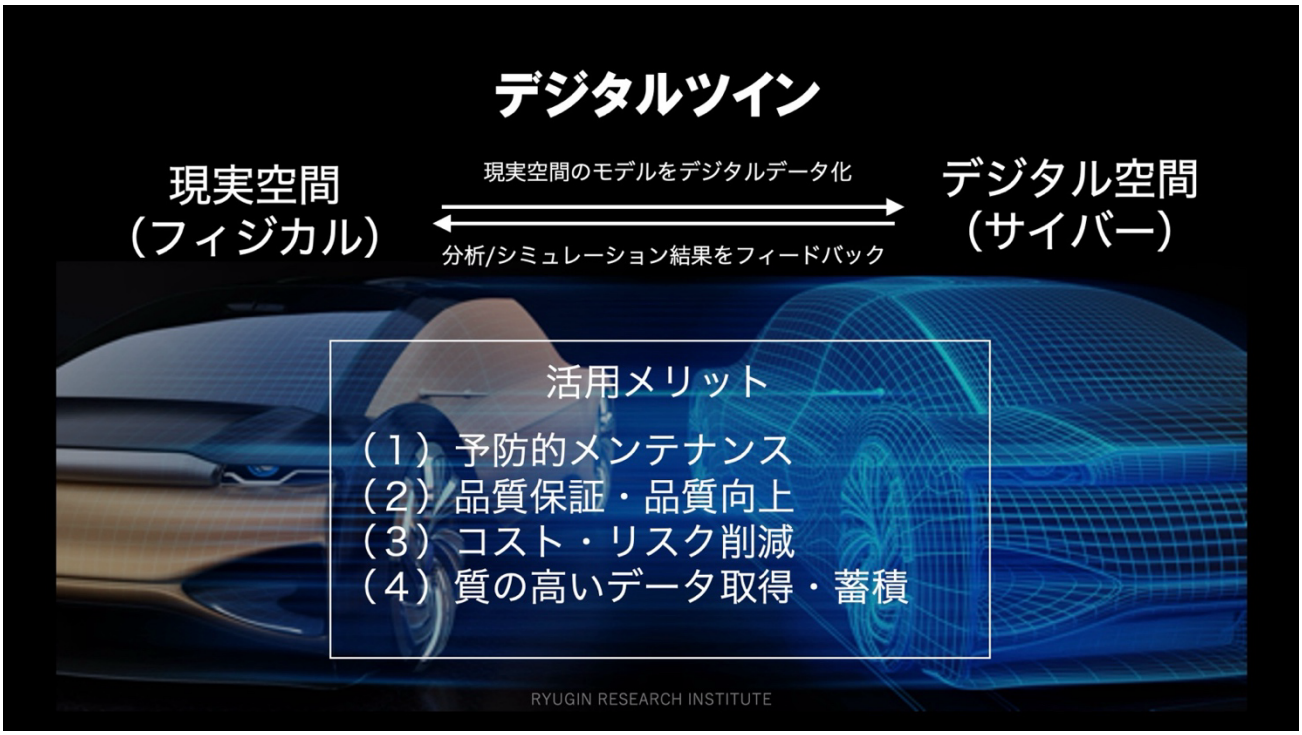


図１：デジタルツイン活用メリット

２．デジタルツインを支えるテクノロジー

デジタルツインの概念は、1991 年に当時米イェール大学のコンピューター科学者であったデヴィッド・ゲランター氏（David Hillel Gelernter）が、自身の著書「Miller Worlds」で作り上げたと言われる。

その後、2002 年に当時ミシガン大学教員であったマイケル・グリーブス氏（Michael Grieves）が、ゲランター氏の考えを製造業に応用し、製造業における PLM（製品ライフサイクル管理）の基盤モデルとして提唱したことで広まった。前述した「デジタルツインは元々製造業の現場で使われていた」はこれに起因する。（※一説には、NASA がアポロ 13 号を帰還させたシミュレーションが元祖とも言われる）

車の性能を検証するには、従来は実際に製造し、走行させる必要があった。また耐久性検査なども、実際に車を走行させ、壁面等にぶつけることで検証していた。このプロセスを簡略化・効率化するために、製造する車のオブジェクトをデジタル空間に構築することで、実際に車を走行させずとも「出力はどれぐらいか」「時速 80km で壁に衝突した場合の衝撃度は？」などを、様々なデータの組み合わせでシミュレーションができる。そこで得られた最適解は現実空間に戻され、製造効率を上げていく。

このように製造業では馴染みの技術だが、現在は製造業だけに閉じず、あらゆる分野でこの技術の応用が進んでいる。背景には様々なテクノロジーの進歩がある。以下にその主なものを整理する。（図２）

(1) CPU/GPU の処理能力向上

コンピューターの CPU（中央処理装置）や GPU（グラフィックス処理装置）の性能が向上し、これまで以上にデータの処理が行えるようになったことで、膨大なデータ処理やリアルタイムのシミュレーションやビジュアライゼーション（可視化）が実現可能となった。

(2) IoT デバイスの利用拡大

IoT デバイスの製造コストが下がり一般に普及したことで、現実空間の様々なデータを取得することが容易となった。例えば、スマートフォンには、加速度、ジャイロ、磁気、GPS、光、高度、気圧など様々なセンサーが搭載されている。これらセンサーから取得できるデータや画像・動画などのデータは、デジタルツインの精度を高める。データを取得する IoT デバイス数は、2030 年には全世界で約 290 億台以上（※Statista.com 調べ）になると言われている。そこからインターネット上へ連携されるデータ量は年々激増している。

(3) 次世代通信技術の高度化

デジタルツインは、リアルタイムでのデータ収集や分析が必要となる。5G などの次世代通信技術は「高速大容量」「超低遅延通信」「多数同時接続」を実現するため、リアルタイムでのデータ収集等を可能にする。

皮肉なことに、新型コロナウィルス感染拡大はテクノロジーの進歩に貢献した。非接触・非対面が恒常化した時期にオンラインサービスの需要が増加し、世界のデータ流通量は爆発的に増加した。総務省の「情報通信白書令和５年版」には、スウェーデンの通信機器大手エリクソン（英：Ericsson）が公表したデータ量の予測（Ericsson Mobility Report_2022 年 11 月）が掲載されている。それによれば、FWA（固定無線アクセスシステム）を除く世界全体におけるモバイル端末経由でのデータ量は大幅に増加しており、2022 年末で約 90EB/月に達し、2028 年には約 325EB/月に達すると予想している。EB は「エクサバイト」で、1EB は 10 億ギガバイト（GB）に相当する。

(4) 人工知能（AI）の進化

膨大なデータ処理・分析には AI 技術が必要になる。AI 技術を活用することでデジタルツインが環境やシステムの変化に適応し、自己最適化する能力が向上する。ChatGPT（OpenAI）や Gemini（Google)、MidJourney（Midjourney）といった「生成系 AI」が一般的に使われるようになったことで、AI 活用は飛躍的に増加する。一部、満足いく回答が得られないため利用を不安視する声も聞かれるが、多くの利用とフィードバックを繰り返すことで、性能は加速度的に向上している。

このことは、これまでの「必要なデータは全て揃える」という状態から、すでに集めたデータからシミュレーションし、「不足分のデータを生成し補う」ことも可能となる。

(5) VR（バーチャルリアリティ）／AR（拡張リアリティ）の進化

VR ヘッドセット、AR デバイスなどの性能が向上し、利用シーンが拡大している状況もデジタルツインの拡大に貢献している。前述した次世代通信技術は「同時多数接続」が可能であるため、オンラインゲームやメタバースでの体験を向上させているが、同時に VR/AR デバイスの機能向上も促進している。特に解像度の高さは没入感を生み、現実空間とのズレを極小化する。建設・土木分野では、VR と AR を発展させた MR（Mixed Reality　複合現実）を活用した取り組みもすでに行われており、さらにデジタルツインを後押しする。

ここで示したテクノロジーは一部である。このような技術が組み合わさることで、デジタルツインは現実世界のシステムやプロセスをリアルタイムでモデル化し、理解、最適化、予測するための強力なツールとなる。

図２：テクノロジーの進歩がデジタルツインを支える

３．分野を超えたデジタルツインの活用

冒頭で「デジタルツインが多岐に亘り応用されている」と述べた。ここではデジタルツインの活用について、東京国際大学特任准教授であり、デジタルツイン研究の第一人者である小宮昌人氏が示す事例を参考に以下にいくつか紹介する。

(1) 建設業でのデジタルツイン

日本の建設業では、熟練技能者の高齢化・退職が進み、将来の建設需要に対して労働者が圧倒的に不足することが懸念されている。また、労働基準法改正に伴い、2024 年 4 月から労働時間の上限規制が施行されていることから抜本的な「働き方改革」も求められている。さらにコロナ禍の影響により、「現地・現物・現場」といった三現主義の見直しも求められている。このような複合的な要因から、大手ゼネコンを中心に業務のデジタル化と DX が進められている。

建設業においては、「設計」「施工」「維持管理」の各工程において BIM/CIM を活用したデジタルツインが進められている。BIM/CIM（Building Information Modeling/ Construction Information Modeling）は、コンピューター上で作成した 3D モデルと部材等の名称・形状・寸法・強度・数量などの属性情報を組み合わせ、施工や維持管理の各工程で活用するデータベースである。建築の設計、施行、維持管理までのあらゆる工程が 3D で情報活用ができる。国土交通省は「2023 年までに小規模を除く全ての公共事業に BIM/CIM を原則適用」することを、2020 年 4 月に決定した。

大手ゼネコン企業の「大林組」では、北海道日本ハムファイターズの新球場「エスコンフィールド HOKKAIDO」の建設でデジタルツインを活用している。コンクリート躯体、鉄骨屋根、ガラス壁などの BIM/CIM の設計情報とともに、周辺地盤の点群データ、クレーンなどの施工用機械のデジタルツインを統合し、建設現場のデジタルツインを「4D 施工管理支援システム」で実現した。このデータベースを 3D 都市モデルと連携することにより、高度な都市開発が期待できる。

(2) 物流業でのデジタルツイン

建設/土木業界と同じく、物流業界でも人手不足は深刻な課題である。デジタル化が遅れていたことで、オペレーションの標準化がなされず、物流センター長の手腕に依存するなど、これまで属人化している部分も多かった。労働人口が減少していく状況を考えると、これまでのような属人性を極小化し、非熟練労働者や外国人労働者など、高度なスキルを必要とせずともオペレーションが可能な環境整備が求められる。また、環境変化が激しい状況下では、顧客側のサプライチェーンは在庫を最小化し、必要なものだけを提供するデマンドチェーン型にシフトしていく。

このように、複雑化する顧客の物流・サプライチェーンを可視化・最適化し、課題解決を行う上でCPS の活用が不可欠となる。CPS とは、「Cyber Physical System」のことであり、デジタルツインを体現するためのシステムである。

日本では、大手物流会社である日立物流が新たに「LOGISTEED（ロジスティード)」と社名変更して、CPS を活用したソリューションを提供している。「LOGISTEED」は、「Logistics（物流)」と「Exceed（超える)・Proceed（進む)・Succeed（成功する)・Speed（スピード)」を融合した造語であり、これをビジネスコンセプトとして、モノ・人・機器の情報を統合管理・シミュレーションし、複雑化する物流・サプライチェーンの最適化を図っている。

(3) 医療・ヘルスケアでのデジタルツイン

コロナ禍におけるメディアで頻繁に取り上げられていた「飛沫シミュレーション」はデジタルツインを活用した代表例である。

国内で唯一の自然科学系総合研究所である「理化学研究所」は、スーパーコンピューター「富岳」を活用して、人間の 3D モデルを用いた身体から飛沫の発生から飛散・体内での増殖などを統合したシミュレーションを行なっている。その分析結果を活用してマスク効果や公共交通機関利用時の対策などに繋げた。

他には、患者の臓器や身体情報の 3D 情報をデジタルツインとして活用する事例もある。具体的には、MRI や CT のセンシングデータを、臨床検討会や症例検討会などのカンファレンス、または実際の手術などで VR 等を活用して行うものである。通常はレントゲン写真等の平面画像で検討は行われるが、3D 化により実際の患者の臓器や身体状況が立体空間的に提示され、より詳細な診断や施術が可能となる。

デジタルツインの応用は、上記以外の分野でも進んでいる。沖縄県内では、令和２年より実施された「首里城復元整備」でこの技術が活用されている。内閣府沖縄総合事務局国営沖縄記念公園事務所は、設計図書を前述した BIM モデルで作成・納品し、そのデータを使ってデジタルツインを構築した。異なる視点で撮影された複数枚の写真を元に 3D 化する「SfM（Structure from Motion)手法」で作成した世界遺産「首里城正殿基壇遺構」や周辺地形等の 3D データをデジタル空間で合成し、デジタルツインを「見せる復興」として、首里城復元の可視化や消防訓練時等の火災シミュレーションなどに活用している。合成作業には、株式会社パスコが協力している。

４．都市経営で求められる「都市のデジタルツイン」

これまで説明してきたデジタルツインの技術を、都市計画やまちづくりの分野に取り込む動きが世界で広がっている。それが「都市のデジタルツイン」である。

「都市のデジタルツイン」とは、デジタルツインの概念を都市スケールに拡大したもので、施設や設備などのインフラ、交通システムなど、都市を構成する要素をデジタル空間に再現する。これにより、都市計画、エネルギー管理、交通システムの最適化、災害対応など、都市運営の様々な側面でのシミュレーションと分析を

可能にし、その最適解を現実空間に反映させるものである。

私たちが暮らす都市やまちには多くの課題がある。課題解決策を検討するには現状把握が不可欠であり、その可視化が重要となる。都市スケールの課題は、様々な要因が複雑に結びついているため、確かな可視化をせず対策を講じると、部分的な解決にとどまり本質的な解決に至らない場合が多く、場合によっては悪化する。そのため、都市全体を多面的・多角的に捉えるための視点・視野・視座が必要になる。

そこで、デジタル空間に現実空間と同じスケールの都市を再現し、都市の様々なデータを重ね、複数のレイヤー（層）で都市を可視化する。各種データを各所個別に置くのではなく、都市計画や観光、交通、環境、防災などそれぞれの分野がどのように連動するのかなどを、多層構造で一体的に見る環境整備が求められる。

実際、地理情報システム（以下、GIS）などで、地域データをレイヤー構造で見る仕組みは存在する。しかし、それらの多くは２D 地図に静的データを重ねているのが現状であり、都市のダイナミックさを把握できる仕組みとはなっていない。より効率的な都市経営を可能にすることが「都市のデジタルツイン」の狙いである。

早稲田大学の森本章倫教授によれば、オーストリアのヴェルナー・クリッツィンガー氏（Werner Kritzinger）ら研究者たちは、デジタルツインまでを三段階に分け、分類を行なうことを提唱しているという。その定義に当てはめると、「都市のデジタルツイン」はまだ実現しておらず、多くは「デジタルモデル」か「デジタルシャドウ」の状況と言える。（図３）

「デジタルモデル」は、データの相互変換はまだ手動で行われている状態。「デジタルシャドウ」は、仮想空間へのデータ連携は自動で行われ、フィードバックは手動である。「デジタルツイン」は、相互変換が自動で行われる状態であり、「デジタルモデル」「デジタルシャドウ」のステップを踏んで「デジタルツイン」へ到達する。後述する「3D 都市モデルの整備」は、その「最初の一歩」と言える。

本稿は、デジタルツイン構築に向けた事前準備として 3D 都市モデルの整備を求めていくものであるため、特に断りがない限りこの定義を使わず、「デジタルツイン」として統一する。

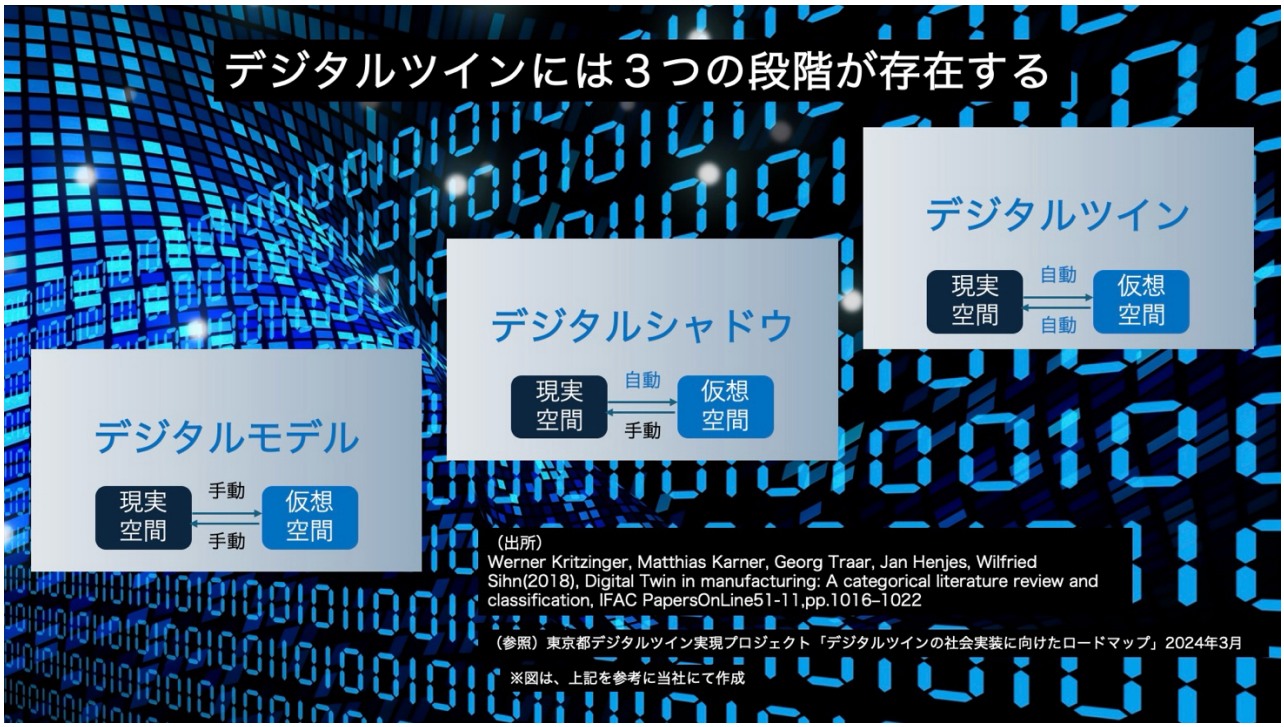


図３：デジタルツインの三段階

５．デジタルツインの世界市場規模

デジタルツインの世界市場は急速に成長している。米国の調査会社「FORTUNE BISINESS INSIGHTS」によると、世界のデジタルツインの市場規模は、2023 年に約 129 億 1,000 万米ドル（※150 円換算：１兆９千億円程度）と評価されている。市場は 2024 年の 177 億 3,000 万米ドルから 2032 年まで 2,593 億 2,000 万米ドル（※150 円換算：38 兆 89 百億円程度）に成長すると予想されており、予測期間中に約 39.8%の年間平均成長率（※投資やビジネスの平均的な年間成長率を示す指標。以下、CAGR）を示している。また、インドに本社を置き、市場調査やコンサルティングを行う「KBV Reseaarch（※Marqual IT Solutions Pvt. Ltd.のブランド名）」は、世界のデジタルツイン市場規模は 2030 年までに 1,954 億米ドルに達すると予想しており、予測期間中に 41.3%の CAGR で市場成長を見込んでいる。この成長は、スマートシティ分野を含むさまざまな分野でのデジタルツインの採用が増加していることを反映している。

北米では、アメリカがこの市場の大きなシェアを占めており、製造、航空宇宙、防衛などの分野でデジタルツインを早期にかつ積極的に統合して使用している。これらの技術は効率の向上、シミュレーション、予測保全などに利用されている。特に製造業界では、製造施設の遠隔監視と制御にデジタルツインを用い、リアルタイムの運用洞察（※開発をサポートしワークロードを効率的に実行し、運用に関する洞察を得て、ビジネス価値をもたらすためのサポートプロセスと手順を継続的に改善する能力のこと）と製造資産のライフサイクル管理を提供している。

欧州では、オランダ、フィンランド、ドイツ、スペイン、イギリスなど多くの国がデジタルツインを積極的に採用している。この技術は、建物のパフォーマンスの可視化とモニタリング、建設プロセスのシミュレーションを含んでおり、「インダストリー4.0 イニシアティブ」等に適用されている。（※インダストリー4.0 イニシアティブとは、2022 年にドイツ政府が発表した産業政策「第４次産業革命」のこと。現在は、欧州委員会によって「インダストリー5.0」が提唱されている）

アジア太平洋地域は、シンガポールをはじめ、中国、インド、韓国、インドネシアなどが産業とスマートシティ開発にデジタルツイン技術を統合することで高い成長率を示すと予測されている。この統合は、特に都市計画とインフラ管理に重点を置いて、効率、イノベーション、意思決定を向上させることを目的としている。

これらの成長予測と採用状況は、デジタルツイン技術を活用した都市経営やスマートシティの開発における可能性と重要性を示しており、デジタル社会インフラの確立を検討する地域に貴重な洞察と運用上の利点を提供する可能性がある。

６．世界の都市のデジタルツイン

世界で進められている「都市のデジタルツイン」について、以下に事例を紹介する。（図４）

(1) バーチャルシンガポール（シンガポール）

「バーチャルシンガポール」は、世界で最も有名な都市のデジタルツインである。

デジタル技術を活用して国民の生活の質（以下、QOL）を上げる構想「スマートネイション」の一環で、リー・シェンロン首相の下で 2014 年にスタートしたプロジェクトである。国立研究財団（NRF）、シンガポール土地管理局（SLA）、情報通信開発庁（IDA）といった政府機関がプロジェクトを主導し、民間から唯一、フランスのソフトウェア会社「ダッソー・システムズ（Dassault Systems）」が参加し、全国を網羅する動的な 3D 都市モデル「3D EXPERIENCity」を展開している。

「3D EXPERIENCity」は市民や民間企業、政府機関が「都市データ」をより効果的に理解し、分析

するためのプラットフォームであり、現在も研究・技術検証が続いている。シンガポールはこのプラットフォームを活用して「バーチャルシンガポール」を実現し、主に「輸送効率の向上」と「都市開発における工事の効率化」に取り組んでいる。

(2) スマートシティモニター（オランダ）

オランダでは、産学官連携のコンソーシアムによって開発された「デジタルツイン・スマートシティ・プロジェクト」の一環として「スマートシティモニター」の開発が進んでいる。市内中心部への訪問者や交通の流れ、大気汚染状況、観光客含む訪問者体験などに関するインサイトを提供することを目的としている。コンソーシアムには、デンボス（Den Bosch)、ブレダ（Breda）の２市、２つの教育機関（ブレダ応用科学大学、ジェロニムス・データサイエンスアカデミー)、２企業（Argaleo 社、Geodan 社）で構成されている。こちらも３D 都市モデルをベースにして、都市の様々なデータを組み合わせることで「都市の状態」を把握し、まちづくりや観光にて活用が進んでいる。具体的には、都市を訪れた人がどのように移動しているかがわかる人流データを取得し、大気汚染状況と緑化の関係を見ることで「どのような都市開発が必要か」を把握するなど活用が進められている。

また、オランダでは交通手段として自転車利用が進んでいるため、人気のあるサイクルルートはどこか、または交通のボトルネックになっている場所はどこかなど、これらを仮想空間で再現することでより良い都市空間、観光するための環境を実現するためにデジタルツインが活用されている。なお本プロジェクトは、新型コロナウィルスにより打撃を受けた地域の復興を支援する「REACT-EU (Recovery Assistance for Cohesion and the Territories of Europe：欧州地域結束復興基金)」の資金提供を受けており、2021 年から 2023 年末まで実施された。

(3) S-Map（ソウル・韓国）

韓国では、ソウル市が 2018 年に開始したプロジェクト「スマートソウルプラットフォーム」の機能のひとつとして、「S-Map（Virtual Seoul)」を提供している。ソウル市全域（605.23 キロ平方メートル）をサイバー空間にデジタルツインとして再現している。「S-Map」には、約 60 万棟の建物、橋やトンネルなどの各種構築物、給排水、ガス、電気、通信などの地下埋設物、地質図と等高線を統合した地盤情報が掲載されている。その上に、行政データ、建物施設データ、交通データ、環境データ等を追加することができる多層構造になっている。

また、ソウル市内に設置されているスマートソウル都市データセンサー「S-Dot」で収集したデータは、オープンデータとして照会及びダウンロードが可能で、市の政策や公共サービスの市民体感度向上に活用されている。「S-Dot」の設置数は、計画では 2,500 個（2022 年）となっているが正確な数字は把握できていない。収集するデータとしては、「微細粉塵」「温度」「湿度」「照度」「騒音」「振動」「紫外線」「風向」「風速」「移動者」の 10 項目である。

他にもフィンランドやドイツ、イギリス、メキシコなど、世界の様々な国が異なる分野で取り組みが行われている。

これらの地域に共通して言えるのは、都市を標準化したデータ形式で 3D 都市モデル化し、分散した都市のデータを一体的に可視化できる環境を構築していることである。また、一部ではオープンデータを活用することで、誰もがデータを活用した都市形成やまちづくりに参画できるようにしている。当然ながら、データの品質管理やセキュリティ等が重要であることは言うまでもなく、適切な環境での管理・運営は必須である。

図４：世界の都市型デジタルツイン

７．Project PLATEAU

「都市のデジタルツイン」の取り組みについて、日本は後塵を拝していた。しかし、その遅れを一気に取り戻すかの様相で、国内の 3D 都市モデルの整備が現在進められている。

国土交通省は、2020 年度事業として日本全国の 3D 都市モデルを整備し、オープンデータとして公開する「Project PLATEAU（以下、プラトー）」を開始した。**3D 都市モデルとは、建築物、道路、土木構造物等の現実の都市に存在する様々なオブジェクト（地物）の三次元形状と意味情報をパッケージとした地理空間情報をいう。（図５）**

図５：2D 地図と 3D 都市モデル

「Map the New World」をコンセプトとしたプラトーは、文字通り、次世代の新たなデジタル地図として「都市のデジタルツイン」を社会実装するプロジェクトである。まちづくりそのものをデジタルトランスフォーメーションすることで、国が進める Society5.0 の実現をめざすことを目的とする。

Society5.0 は、「現実空間（フィジカル）と仮想空間（サイバー）を高度に融合させた超スマート社会」をいい、「社会のあらゆる要素をデジタルツインとして構築し、制度やビジネスデザイン、都市や地域の整備などの面で再構成した上で、現実空間に反映し社会を変革する（内閣府）」としている。

これまで説明してきたデジタルツインは、Society5.0 の実現を支える技術のひとつである。現実空間と連動してリアルタイムでデータを取得し、デジタル空間で分析・シミュレーションを行い、その結果を現実空間へフィードバックする。デジタルツインの技術を都市へ応用することで、目指す社会を実現する。

プラトーは、まちづくりそのものをデジタルによって変革させ、３つの価値創造（「全体最適・持続可能性なまちづくり」「人間中心・市民参加型のまちづくり」「機動的で機敏なまちづくり」）を目指し、３つのスコープ「3D 都市モデルの整備・オープンデータ化」「3D 都市モデルのユースケース開発」「3D 都市モデルの整備・活用のムーブメント醸成」を掲げ実践している。以下にその内容を説明する。（図６）

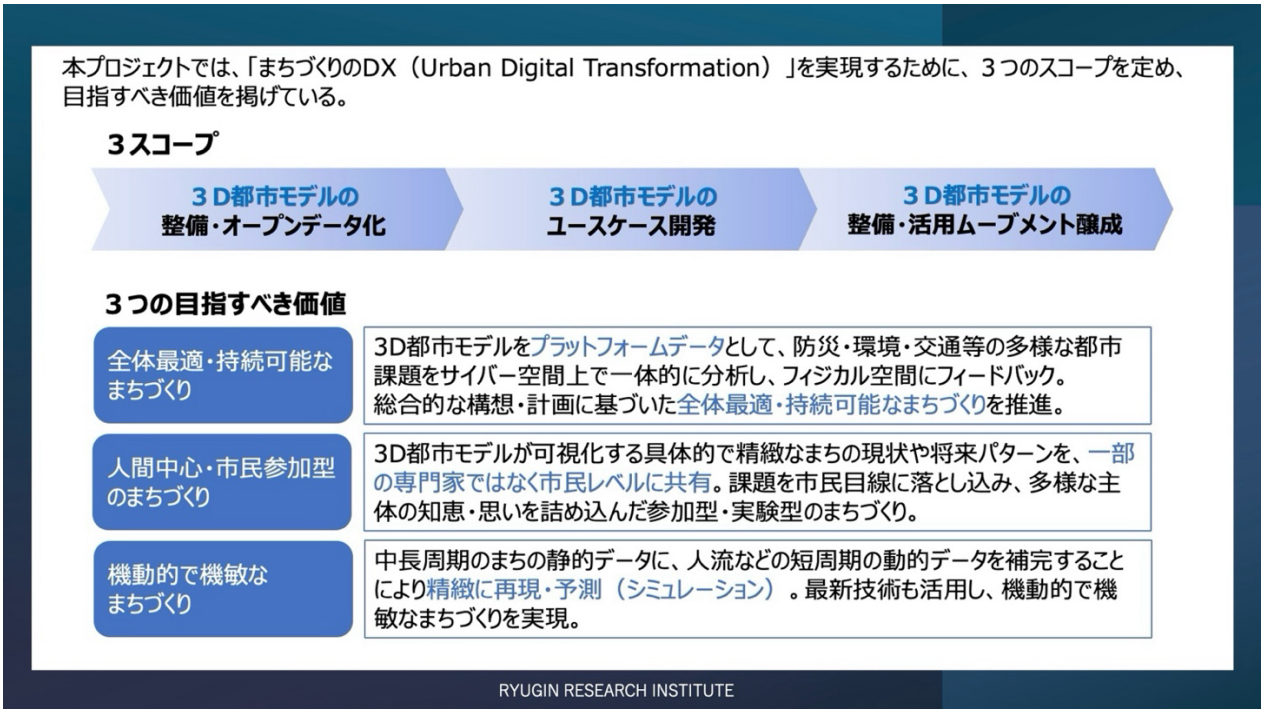


図 6：PLATEAU　３つのスコープ

(1) 3D 都市モデルの整備・オープンデータ化

全国の自治体では、都市計画策定のために「都市計画基本図」を作成する。

都市計画法第 14 条の規定による都市計画の図書としての総括図であり、計画図等の基本となる地形図で、地形や地名などを表示している。通常は、飛行機などを飛ばしてレーザースキャンや空撮で測量し、地図を作成する。我々が通常目にするのは 2D 地図だが、測量時点では 3D データである。プロジェクトではそのデータに着目し、自治体から「都市計画基本図」とその基本図を作成するときに使った航空測量データを取得し、プラトーのデータを作っている。（図７）

また、自治体は概ね５年ごとに都市計画法（第６条）に基づいて「都市計画基礎調査」を行う。この調査は法律で義務付けられた法定調査であり、都市における人口、産業、土地利用、交通などの現況及び将来の見通しを定期的に把握し、客観的・定量的なデータに基づいた都市計画を運用するた

めの基礎となる。この調査データを、前述した「都市計画基本図」「航空測量」のデータと組み合わせ、オブジェクトに「属性情報」を付与することで 3D 都市モデルのデータを作っている。こうして作られた 3D 都市モデルは、「ジオメトリとセマンティクスの統合モデル」と呼ばれる。

「ジオメトリ（Geometory)」とは幾何形状のことで、建物などの物理的な形状のことである。「セマンティクス（Semantics)」とは意味情報のことで、地物の種類や地物に与えられた「用途」「構造」「築年」などの属性情報をいう。この２つを結合し、3D 都市モデルの構築に特化したデータ形式「CityGML（Generalized Markup Language)」を採用しているのがプラトーの特徴である。（図８）

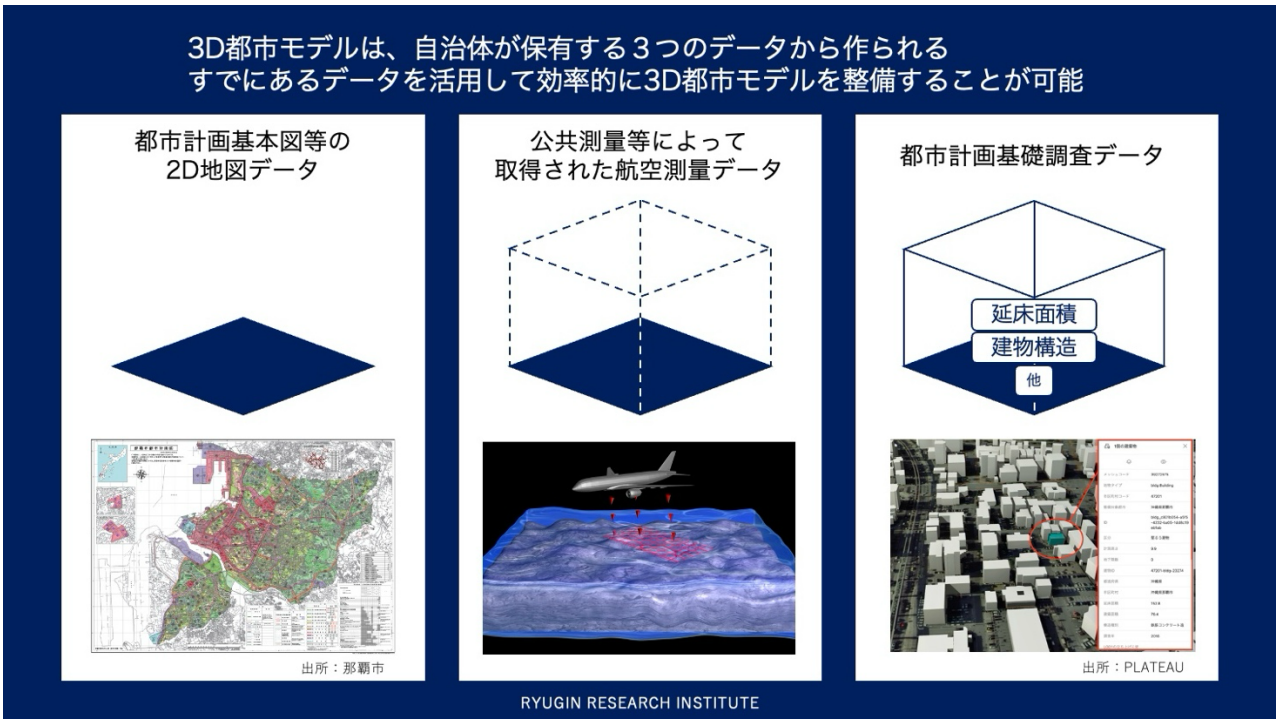


図 7：3D 都市モデルに必要な自治体保有データ

図 8：ジオメトリとセマンティクスの結合モデル

プラトーでは、2023 年度までに全国 218 都市の 3D 都市モデルの整備し、順次オープンデータ化している。オープンデータは、「一般社団法人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」でダウンロードが可能である。「政府標準利用規約（第 2.0 版)」など著作権ルールを採用したオープンデータであるため、クレジット表記をすれば誰でも無料で二次利用が可能である。もちろん商用利用も可能である。（図９）

沖縄県内では、那覇市が初年度にプロジェクトに参加し、3D 都市モデルをオープンデータ化している。

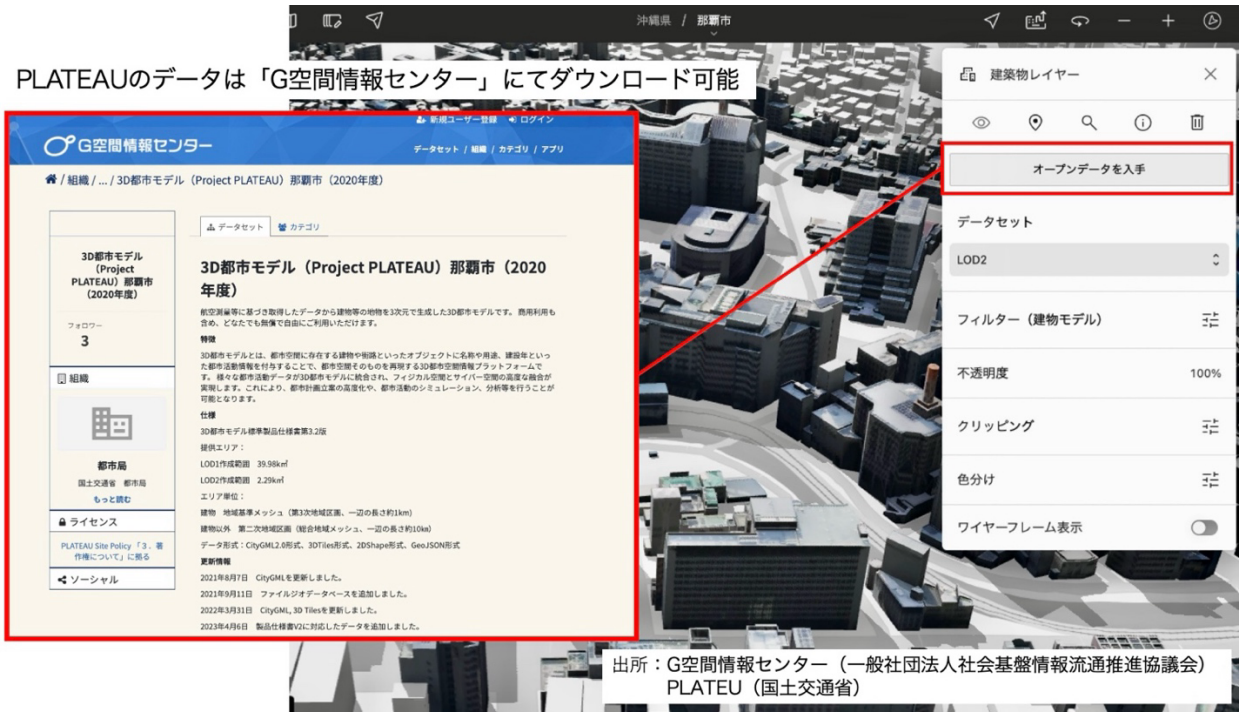


図 9：G 空間情報センター（AIGID）で提供される 3D 都市モデル

米 Google の「Google Earth」など一般的な 3D マップは、基本的に二次利用ができない。また、モデル自体がジオメトリ（幾何形状）であるため、人間には建物や道路と判断ができても、コンピューターにはそれができない。それに対して、プラトーで採用している CityGML は、3D 都市モデルの構築に特化したデータ形式で「建物」「道路」の一つひとつを判別することが可能である。このデータ形式の特徴は、建物などの名称や用途、建設年、行政計画といった属性情報を組み合わせられることである。コンピューターにとって判別容易であることは、人間による介在が少なく自動化の促進が可能となる。また、CityGML には中間フォーマットとしての役割もある。空間記述にはさまざまなデータ形式がある。デジタルツインのような複雑で多層的な環境では、多様なデータ形式との互換性やシステムの相互運用性が求められる。「国際標準規格」のデータ形式の採用は、今後の拡張を見据えて、このプロジェクトが最初から負荷低減の設計を行なっている証左である。

このような高品質のデータがオープンデータとして提供されることは、民間企業のサービス開発や研究機関の研究材料として大いに貢献するものである。

2023 年度までに整備されたデータは、「総面積約 29,000 ㎢」「総建物棟数約 2,000 万棟」「人口カバー率 46.6%」となっており、ここまで広範囲にわたって 3D 都市モデルを整備しているプロジェクトは世界でも他に例がないと言う。（※プロジェクト実施地域の総面積：ソウル 605.2 ㎢、シンガポール 734.3 ㎢）

冒頭に記した「日本の取り組みは後塵を拝していた」と言うのはすでに過去の話であり、今や、プラトーは世界から注目されるプロジェクトとして確固たる地位を確立している。

整備した地域の 3D 都市モデルは、「PLATEAU VIEW」で全て閲覧できる。（図 10）

「PLATEAU VIEW」はブラウザで利用できる GIS（地理情報システム）で、オープンソースの Re:Earth をベースに開発された。インターネット環境とパソコンがあれば、専用のソフトウエアをインストールせずに見られる。オープンデータ化されている全地域の 3D 都市モデルを表示するだけでなく、様々な地理空間情報を重ねて見ることができる。これまで何度か機能改修やアーキテクチャ（構造）の見直しを行なっており、現在はバージョン３（PLATEAU VIEW3.0）である。

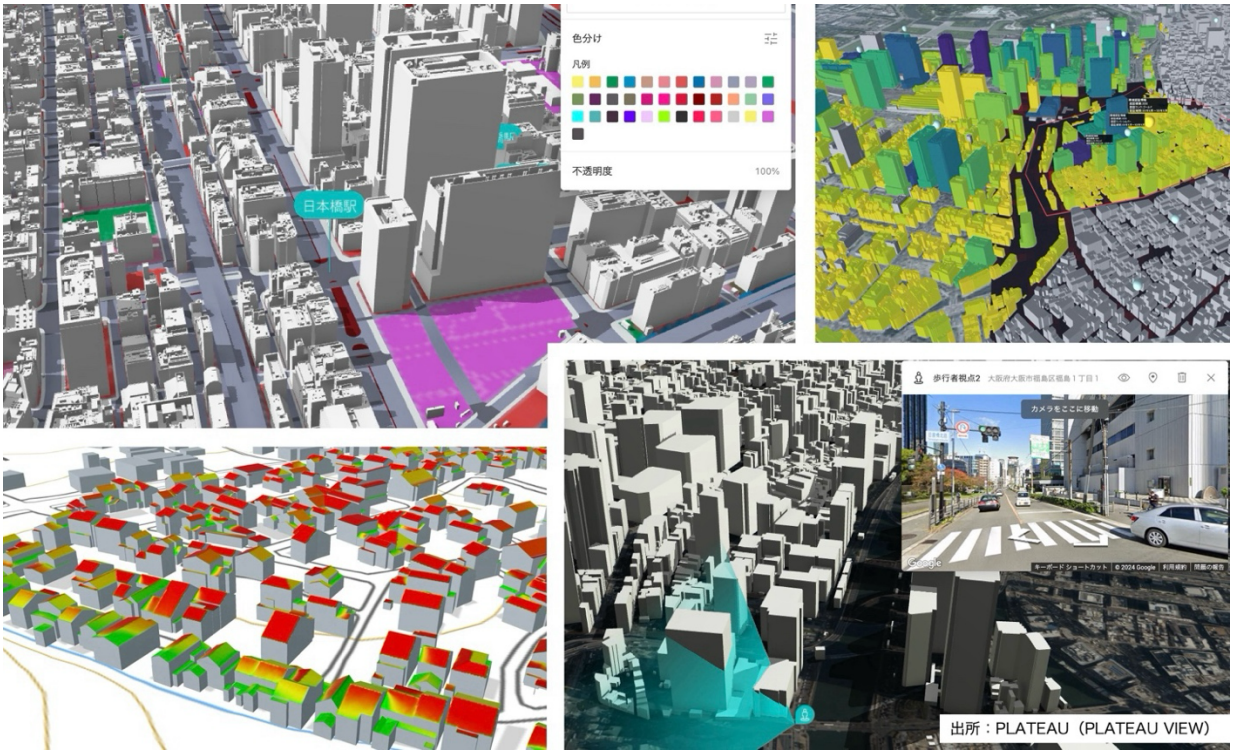


図 10：PLATEAU VIEW

(2) 3D 都市モデルのユースケース開発

オープンデータの取り組みには、データをオープン化することが目的となり、使われず放置されるといった課題がある。特に、オープンデータを前提とする情報システムや業務プロセス全体の企画、整備及び運用を行う「オープンデータ・バイ・デザイン」の考えが浸透していない組織では、担当者や管理者の人事異動に伴って、往々にして既存データ更新や整備が広がらないケースが散見されてきた。

そのようなことが起きないよう、プラトーでは「3D 都市モデルの整備・オープンデータ化」を進めながら、同時にデータを活用して、さまざまなユースケース開発を民間企業や研究機関などと行なっている。

2023 年度には 70 件のユースケース開発が行われ、その内訳は「防災・防犯 27 件」「都市計画・まちづくり 26 件」「地域活性化・観光・コンテンツ 7 件」「モビリティ・ロボティクス 5 件」「環境・エネルギー3 件」「インフラ管理 2 件」となっている。

これまでに開発した全 104 件のユースケースは、全てプラトーのウェブサイトで公表されている。取り組み内容自体全てをオープンにすることで、類似した課題解決に他の地域がすぐに応用できる環境を提供している。

(3) 3D 都市モデルの整備・活用　ムーブメントの醸成

プラトーでは、整備した「3D 都市モデル」をオープンデータとして提供し、そのデータを活用したユースケース開発を行うことで、データ整備地域の拡充と、サービス開発を促進している。同時に、民間主体のコミュニティを積極的に形成し、開発ナレッジの共有や交流の場創出等を積極的に行っている。具体的には、「PLATEAU

AWARD」「PLATEAU NEXT」「PLATEAU Hack Challenge」「PLATEAU Startup PITCH」など、全国で多くのコミュニティイベントが開催されている。これらのアイデアソン・ハッカソンを通じて気付いた不具合や利便性の弱さについてはフィードバックされ、検証が行われたうえ改善されていく。

また、各種 SNS 等でプロジェクト内容やイベント告知、ユースケースなどを順次発信し、ユーザーのコメントを参考に改善するなど、一方的な発信ではなくユーザー意見を取り入れた双方向性（インタラクティブ）な環境整備にも努めている。その成果もあり、多数の民間企業で利活用が進められており、大学や高校などの教育機関での研究利用、さらにシビックテックなどの市民活動にまで 3D 都市モデルの活用が広がっている。

８．PLATEAU コンソーシアムの設立とエコシステム構築

プロジェクト開始から４年目を迎えるプラトーは、これまでの都市デジタルツインの「ポテンシャルを引き出す」ための概念実証（PoC）フェーズから、都市デジタルツインにより「社会に新たな価値をもたらす/地域課題を解決する」ための社会実装フェーズへ突入するとしている。

3D 都市モデルを活用して魅力的なサービス開発し、それを社会実装していくことで地域のウェルビーイングを実現していくことは重要である。そのためには、これまでのように国がイニシアティブを持った取り組みでは不十分であり、地域に近い産学官のプレイヤーがそれぞれイニシアティブを持ち、持続可能な形で 3D 都市モデルの整備・活用・オープンデータ化にコミットしていく必要があると「3D 都市モデルの整備・活用促進に関する検討分科会（以下、分科会）」で共通認識が持たれた。

そこで、国、地方公共団体、企業、大学等の研究機関、地域コミュニティなどのプレイヤーが、それぞれの役割を明確化し、持続的に役割を果たしていくことが必要として、分科会を改組して、産学官連携でプロジェクトを推進していくため「PLATEAU コンソーシアム」を設立した。2024 年度からはフェーズ２として、３D 都市モデルの整備・活用・オープンデータ化が自律的に発展していくエコシステムの構築を目指していく。（図 11）

国は、これまでの主導的役割から、フェーズ１で実施してきた基幹的施策を継続・拡充しつつ、各主体がイニシアティブを持ち、それぞれの役割を果たしていけるよう、環境整備施策を推進するサポート役に移行する。

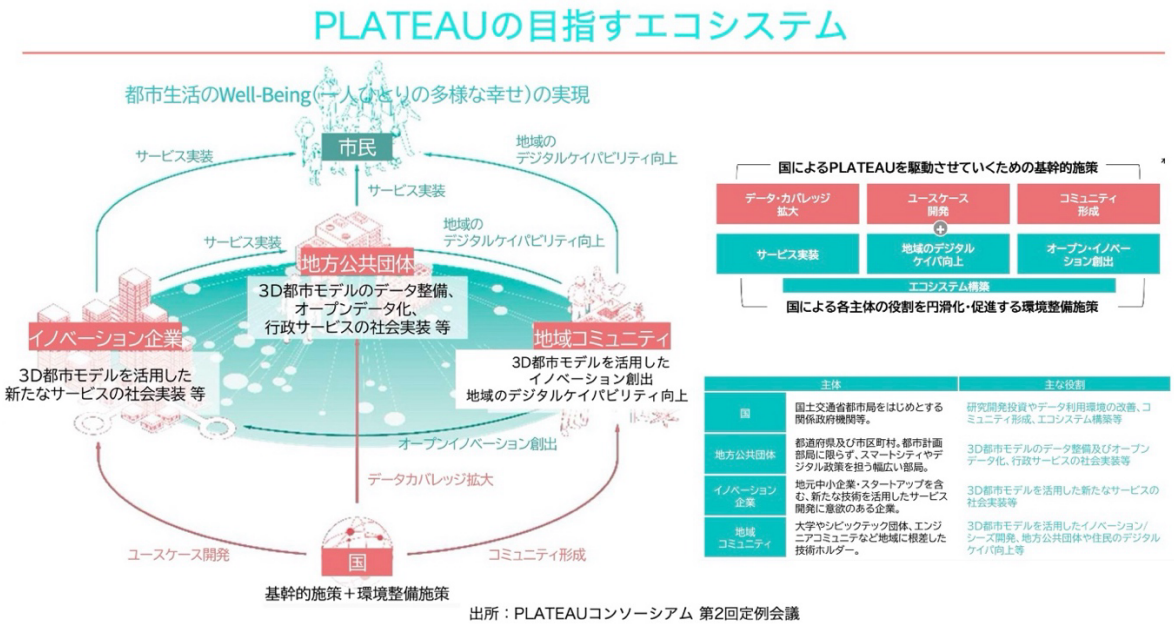


図 11：PLATEAU が目指すエコシステム

９．広がる日本の 3D 都市モデル構築

「デジタル田園都市国家構想総合戦略（2023 年度～2027 年度）」では、デジタル田園都市国家構想の実現に向けた新たな主要 KPI として、2027 年までに「500 都市」の 3D 都市モデルを整備するとしている。一説には「行政部門が提供する情報の約８割が地理空間情報に該当する（国土交通省）」とも言われており、スマートシティを構築する上で、3D 都市モデルの構築は不可欠とも見て取れる。今後、さらにデータ整備地域が拡大すると共に、すでに 3D 都市モデルを整備した地域はデータの利活用が進み、より詳細度の高いデータ整備を行なっていくことが予想される。

プラトーでは、整備する地物（地上にあるすべての物）の詳細度によって、シミュレーション内容やサービス開発のレベルが変わる。この地物の詳細度は「LOD（Level of Detail）」と呼ばれ、０から４までレベルがある。LOD によって建物等の形状が異なるため、利用目的によって LOD の整備が変わる。
建築物については LOD0 から LOD4 までが定義されている。LOD0 は高さ情報がないモデルで、LOD1 以降では高さ情報が付く。（図 12）

LOD1 は最も単純な高さ情報が付いたモデルで、地物に対して同じ高さを付け、直方体の組み合わせで定義したもの。LOD2 では外観の凸凹が表現され、屋根や壁などの情報も付けられる。航空写真を用いたテクスチャ画像も付けられるため、より精細に再現される。LOD3 では、さらに、ドアや窓などの開口部、道路の立体交差なども表現される。そして LOD4 では、建物の外観だけでなく、内部もモデル化される。

プラトーの提供地域全域で対応するのは、基本的に LOD1 までである。一部のエリアでは LOD2 が提供され、より高度な実証事業等が行われるエリアでは LOD3 以上で対応される。

また、LOD は見栄えだけでなく、含まれているセマンティクス（属性情報）も異なる。例えば、LOD2 では、建物の形状を表すポリゴン（面）に対して「屋根」「壁」「床」またはそれ以外の付属物かが区別されている。そのため、「屋根（または壁）だけの面積を集計する」といったことが可能になる。この情報を活用すれば、地域の太陽光発電量を計測することも可能となる。LOD3 では開口部も定義されているので、避難経路のシミュレーション等にも活用できる。

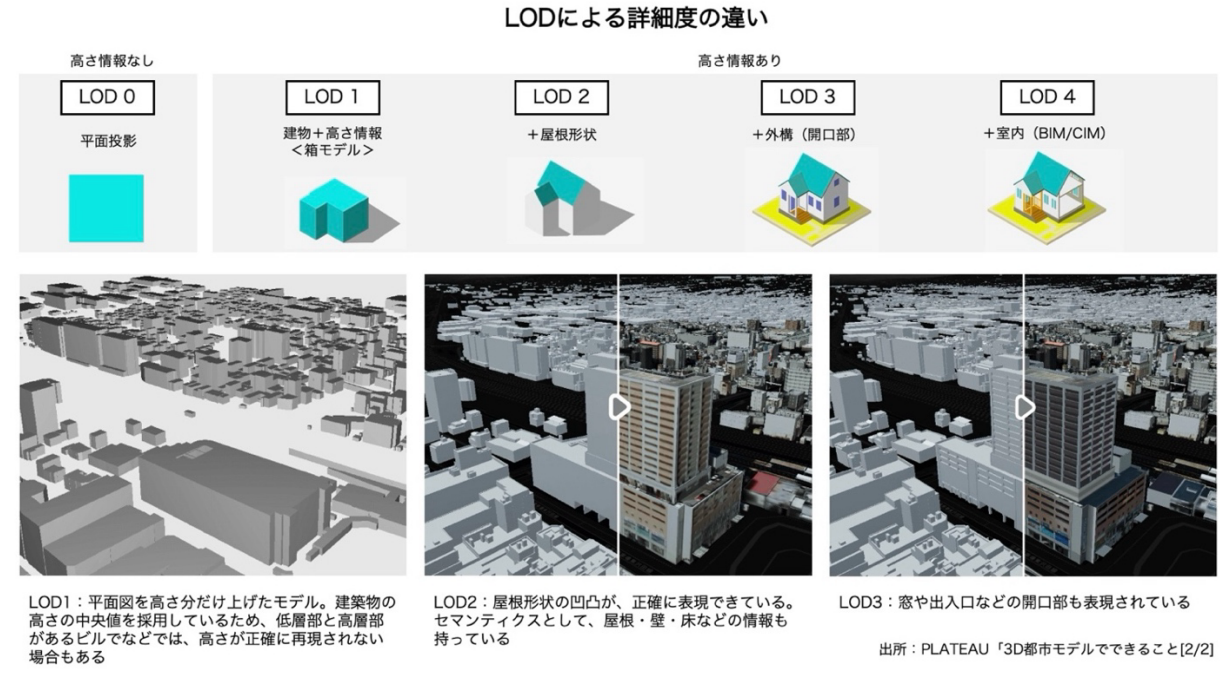


図 12：LOD による詳細度の違い

3D 都市モデルを最初に整備した都市すべてが、当初からオープンデータの効力を把握していたわけではない。実際にデータを整備し、そのデータをオープン化し、民間や大学との連携によって地域の状況を可視化・分析できることを目の当たりにして、初めて３D 都市モデルのメリットを理解した都市も少なくはない。それらの都市は、3D 都市モデル整備の重要性を認識し、今後、さらにデータの質を上げていくとともに、3D 都市モデルを中心にして地域のデータ整備を行い、デジタルツインの構築を目指していく。

10. 日本の都市型デジタルツインの取り組み

プラトーでは、2023 年度までに「218 都市」の 3D 都市モデルを整備してきた。前述した通り、わずか４年でこれだけ広範囲な地域のデータを整備した事例は、世界でも類がない。

その中で、すでに 3D 都市モデルを活用して「都市のデジタルツイン」を目指している地域がある。以下に事例を紹介する。

（１）静岡県：VIRTUAL SHIZUOKA

静岡県はプラトーが開始する前から 3D 都市モデルの必要性を認識しており、独自の取り組みを行なっていた。それが VIRTUAL SHIZUOKA（バーチャルしずおか）である。（図 13）

2019 年度から県土 7,777 ㎢のうち、北部の山岳地域（非居住地域）を除く 6,700 ㎢の地域の点群データをレーザースキャナー等で取得し、それをオープンデータ化している。

点群データとは、点の集まりによって構成されたデジタルデータのことで、3 次元座標値（X,Y,Z）と色情報（R,G,B）を持つ。測量技術によって得た 3D 点群データであるため、現実空間と全く同じ大きさ・規模で空間を再現することが可能であり、そのデータを元に 3D モデル化することによって、静岡県はデジタル空間に「縮尺１分の１」のデジタル県土を持っている。また、データをオープンにすることで、産業・建設/土木・観光・交通・防災など、あらゆる分野の発展を支える基盤データとなっており、デジタルツイン構築に向けての準備を整えている。

「VIRTUAL SHIZUOKA」が一躍有名になったのは、2021 年 7 月 3 日に発生した静岡県熱海市伊豆山地区の土石流災害である。同地域の点群データが「G 空間情報センター」にてオープンデータとして提供されていたことで、発災直後に産学官有志によって組成された「静岡点群サポートチーム」がこのデータを活用し、発災から数時間で崩壊の原因となった盛り土の存在や崩壊土砂量の算定を行なった。この規模での土石流災害の原因究明は、二次被害防止等の対策をした上で調査が行われるため、通常１～２ヶ月かかる。それをわずか数時間で過去データとの差分抽出により状況把握をし、その後の救援・救助活動に活かしたことはまさに EBPM（エビデンスに基づく政策立案）の見本事例である。実際に、当時のサポートチームの共通認識は、「命懸けで救援・救助活動を行う救助隊員の二次災害を防ぐため、点群データを活用して災害の全体像を把握する」ことであった。

また、このケースは、オープンデータの有効性も示している。ひとつは、オープンデータであったことから、非常時に利用許諾や県庁内決裁等に時間を奪われず、迅速に原因究明作業ができたこと。もうひとつは、機械判読可能なデジタルデータであったため、データクレンジング等の作業負荷を軽減できたことである。平時からデータを整備しているからこそ、有事に迅速に対応ができるのである。

静岡県はこのような経験知を持つため、プラトーについても、限られた地域だけで取り組むのではなく、県内の居住地域すべてで 3D 都市モデルを構築することを決定した。県内 35 市町村すべての 3D 都市モデルを整備している唯一の都道府県が静岡県である。

現在は、VIRTUAL SHIZUOKA の点群データとプラトーの 3D 都市モデルを掛け合わせて、より高度なデジタルインフラ整備を行なっており、デジタルツイン構築に向けて着実に歩を進めている。

（２）東京都：デジタルツイン実現プロジェクト

東京都は、都民の QOL（生活の質）の向上を目的として、東京のポテンシャルをデジタルによって引き出す「スマート東京」を目指して、東京都全体の「デジタルツイン」の社会実装を目指している

2030 年に向けて目指す東京都のデジタルツインを、「都市インフラのデータが整備・継続的に更新され、東京都に関わるすべての主体の意思決定や都の EBPM に活用できる可変性を持った仕組み」と定義し、海外の取り組み事例を踏まえて、「データ整備」「データ可視化」「データ解析」の３つを柱として環境整備を進めている。3D デジタルマップや点群データ、GIS データ等、デジタル空間で取り扱う地理空間情報を整備・集約し、そのデータを「3D ビューア（後述）」等の可視化システムにより直感的に把握することで、現状把握や意思決定のスピードを高める。さらに、各種アプリやシミュレーションソフト等を活用し、迅速で精度の高い分析を行い、各種施策への活用を進める。

東京都では「防災」「まちづくり」「モビリティ」「環境」「産業（観光等）」の５分野を注力する分野に設定しており、構築するデジタルツイン基盤をそれらに活用する。

東京都も、静岡県と同じく、3D 都市モデルと点群データの整備を全域で進めている。全 62 区市町村のうち島部である２町７村を除く、53 区市町村の 3D 都市モデルの整備が完了しており、オープンデータ化されている。さらに、令和４年度から２か年計画で都内全域の「3D 点群データ」の整備を進めている。現在は都で構築した「東京都デジタルツイン 3D ビューア（以下、3D ビューア）」で、53 区市町村の 3D 都市モデルと、多摩・島嶼地域（小笠原諸島を除く）の 3D 点群データが公開されている。プラットフォーム基盤は、オープンソースの Cesium を利用している。（図 14）

Cesium 社によれば、3D ビューアでは、地形データが 25cm 精度の詳細なものとなっており、日本のジオイド 2011（※ジオイドとは、平均海面を仮想的に陸地へ延長した面のこと）に基づいて変換しているため、垂直方向の高い精度を実現しているという。また、自動車のセンサーデータ、交通量調査ビデオから AI 解析した交通量データの可視化を官民で試行している。

さらに、防災に関するリアルタイムデータを充実させ、災害発生時に都外の他の地域にも及ぶ広域支援も実施している。 例えば水害時には、予想される氾濫時の浸水エリア、海の近くでは高潮による被害想定、地形データ、避難所などの情報を一体的に可視化し防災対策を迅速に行えるようにしている。また、実際の豪雨時には、河川のリアルタイムデータ(水位、雨量、ライブカメラ、警報の発令状況)、高潮に関するリアルタイムデータ（水門付近の水位、ライブカメラ）を一元的に可視化、発信することで、都民が迅速に現状把握し、早めに避難行動に移れるようにしている。

これらのリアルタイム情報をさらに都民への迅速で正確なサービスに繋げるため、都庁内 DX の一環として庁内に分散していた様々な形式の地理空間データの整備を進め、庁内・庁外のリアルタイムデータの３D ビューアへの反映と、各種サービスの創出につなげている。（※筆者は、2024 年 4 月 3 日に発生した台湾地震によって沖縄県内で津波警報が発表時点で、海上保安庁のライブカメラで与那国町西埼灯台の海面と、琉球放送の石垣島ライブカメラで石垣港周辺の海面をチェックし、津波の発生がないことを確認していた。他にも宮古島や本島のライブカメラもチェックしたが、それらは個別に運営されており、一体化されていない。災害対策の観点から東京都の取り組みは参考になる）

さらに特筆すべきは、東京都のデジタルツインプラットフォームと、前述した VIRTUAL SHIZUOKA は連携されており、東京都の 3D ビューアで富士山山頂や、静岡県河津町にある「河津七滝ループ橋」や静岡市葵区にある「井川ダム」などの点群データを見ることができる。デジタルを活用した広域連携モデルとして注目すべきスキームである。

図 13：VIRTUAL SHIZUOKA（静岡県）

図 14：デジタルツイン実現プロジェクト（東京都）

11. 今後に向けての提言

生産年齢人口減少に伴う労働力不足が将来的に懸念されているが、同時に住民ニーズは多様化・複雑化していく。また、雇用のミスマッチにより労働力が確保されず、現在提供されている行政サービスも、将来的に継続できない地域が出てくることも懸念される。さらに、建物やインフラの老朽化により高額な改修費用の発生が想定されるが、歳入不足や過剰な歳出等により対応できない状況も出てくる。このような社会課題が増加する一方で、台風や地震などの自然災害が激甚化、頻出化しているなど、現状維持は課題を悪化させることにつながる。

地域課題は行政だけで解決するものではなく、民間企業、各種団体、教育機関、市民などの協力が不可欠である。多様なプレイヤーが協力するには、地域の現状が可視化され、分析やシミュレーションが迅速に行われ、適切に対応できる環境構築と、スムーズな連携が可能な環境整備が必要になる。

また、今後必要とされている都市経営では、都市計画をより洗練させ、公共交通の利便性を高め、エネルギー使用を効率的にし、地域医療体制の充実などが求められる。さらに、防災・減災対策、緊急時の避難計画なども必要になる。これらの取り組みは、データに基づいた政策の策定や決定プロセスを経て、住民の合意形成にも努めなければならない。このような複雑化した難度の高い課題を解決していくには、都市の現状をあらゆる角度から可視化できる多層構造の仕組みが必要となる。

3D 都市モデルの整備と活用促進は、効率的な都市経営・まちづくりを行っていくための基盤作りと言える。地域の地理空間情報を「セマンティクス（属性情報）」を備えた 3D モデルにすることで、地域の様々なデータを一元的に可視化・把握し、作業効率や意思決定の速度を早めることが可能になる。また、広域にまたがる地域状況の可視化・把握も必要である。そのためには地域それぞれが個別最適化するのではなく、「標準化」により相互運用性を持たせることが、これからの社会基盤構築では特に重要である。このことは、「新・沖縄 21 世紀ビジョン基本計画（以下、基本計画）」で示される「社会・経済・環境」の 3 つの側面が調和する持続可能な発展を目指すために必要な仕組みの構築と言える。

そこで、社会や県内全ての産業を支えるデジタル基盤構築を目指す一歩として、産学官民の共創によって進められている「Project PLATEAU」に沖縄県が参画し、基本計画の完了年度である令和 13 年度（2031 年）を待たず、県内全域（非居住地域除く）の 3D 都市モデル整備とオープンデータ化を完了させることを提言する。（図 15）

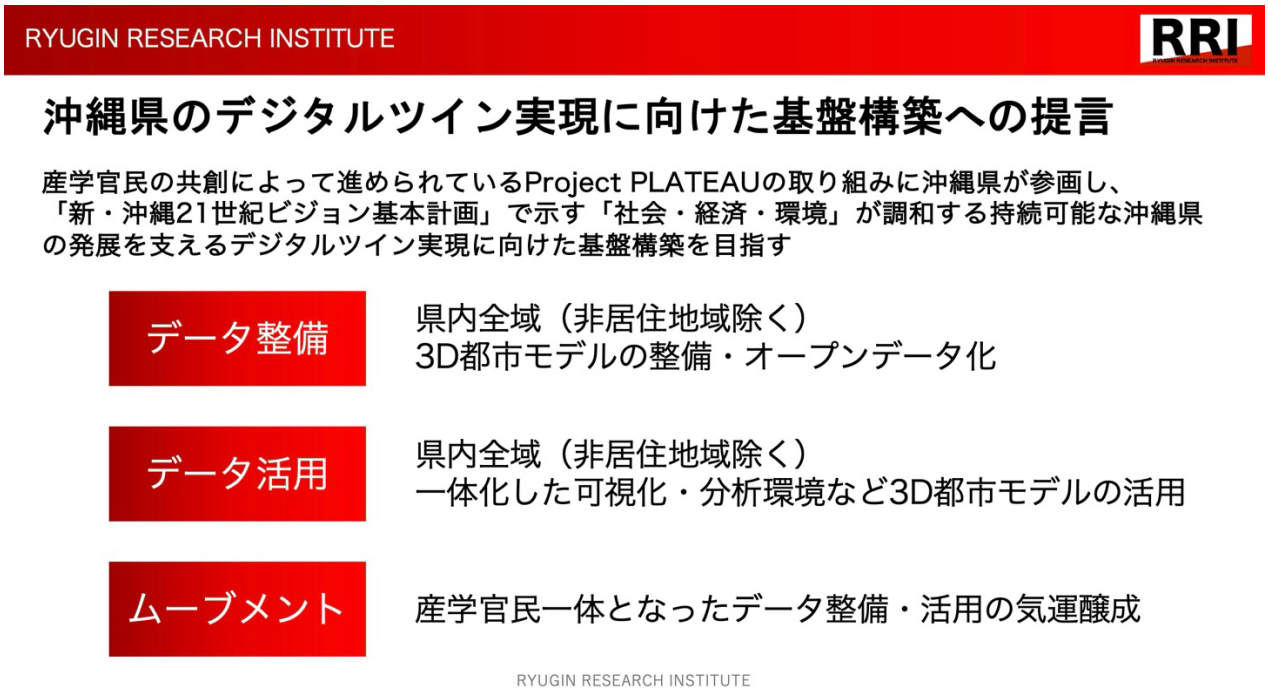


図 15：沖縄県のデジタルツイン実現に向けた基盤構築の提言

(1) 県内全域（非居住地域除く）での 3D 都市モデル整備とオープンデータ化

3D 都市モデルについては、県内全域で整備するのが望ましい。「沖縄県の地図」をデジタル化したときに、整備している地域とそうでない地域が混在すること望ましくない。また、防災の観点からも取り残される地域があってはならない。県土全てが網羅されていることで初めて県内全域の可視化・分析・シミュレーションが可能になる。

プラトーが進める 3D 都市モデル整備は、国際標準規格のデータ形式を採用しており、相互運用性を備えたデジタルデータである。また建物等の属性情報を持つため、コンピューターでのシミュレーション等が容易であり、迅速な現状把握や分析が可能になる。数年かけても県内全域のデータを整備することが重要である。全国では静岡県がすでに完了し、東京都、大阪府、埼玉県等がその方向で取り組んでいる。

さらに、そのデータはオープンデータとして提供することが重要である。静岡県の事例でも示したとおり、行政機関だけに閉じず、機械判読可能なデータが無料で二次利用できることで、多様なプレイヤーによる活用で社会課題解決や共創機会を増やすことが可能になる。静岡県の事例では「点群データ」の活用例であったが、まずはすでに行政部門にある「都市計画基本図」「航空測量データ」「都市計画基礎調査」等のデータを 3D 都市モデル化し、その後、必要に応じて点群データなどを整備していくのが望ましい。

前述したように、静岡県では最初に３年間かけて、非居住地域を除く県内全域の点群データを取得し、その後、プラトーに参画して CityGML を整備した。東京都は、最初に一部の島嶼地域を除き CityGML を整備し、令和 4 年度から 2 か年計画で都内全域での点群データ整備を行っている。

国土交通省都市局によれば、整備主体については、「市町村が整備する」「県が広域に整備する」「県がモデル的に一部地域を整備する」などの方法があるとしており、地域によって方法は異なる。

沖縄県の場合は、現在、沖縄県「企画部デジタル社会推進課」「商工労働部 IT イノベーション推進課」にて進められているオープンデータの取り組みに則して、リソースの少ない小規模自治体は県で支援をし、その他は独自で進めていくという方法も考えられる。沖縄県の事情に合った方法で進めるのが望ましい。

また「デジタル田園都市国家構想総合戦略」では、2027 年までに「全国 500 都市の 3D 都市モデル整備」を主要 KPI として目標に掲げている。このことは、それぞれの自治体が ICT 等を活用して地域の魅力を存分に発揮させることを求める一方で、地域の現状を可視化し、現状把握や分析がエビデンスベースで行える環境整備も同時に進めることが求められている。沖縄県内では多くの自治体が「デジタル田園都市国家構想」に参加しスマートシティ構築に向けた取り組みを進めているが、上記をセットで考える必要がある。

3D 都市モデルの整備・活用・オープンデータ化については、令和４年度より「都市空間情報デジタル基盤構築支援事業」が行われており、事業費の 1/2 は国より補助がある。事業を始めるにあたって不明な点については、国土交通省都市局がサポートする。また、国土交通省の「都市空間情報デジタル基盤構築支援事業（PLATEAU 補助制度）ポータル」には、3D 都市モデル整備に係る「費用試算ツール」を始め、各種補助資料が掲載されている。[https://www.mlit.go.jp/toshi/daisei/plateau_hojo.html]

（２）県内全域の一体化した可視化・分析環境など 3D 都市モデルの活用

観光、交通、エネルギー、防災など、広域連携を必須とする内容について、現在、沖縄県には統合的に把握する可視化システムは存在しない。大型プロジェクト検討など、県内各所で開催される専門家検討会議や有識者会議等で、必ず話題に挙がるのが会議でのエビデンス不足である。多くの会議で検討に使用する資料はほとんどが紙媒体で、過去データが基本である。現在の地域データを可視化して、現状認識を共有した上で議論する会議はほとんどお目にかかれない。その課題を解決するために、自治体で整備する 3D 都市モデルを一体的に可視化できるシステムを沖縄県で構築するのが望ましい。

現状、沖縄県含め各自治体はそれぞれ GIS（地理情報システム）を構築・運用している。便利なシステム

ではあるが、基本的に 2D 地図で閲覧のみである。それぞれの地域の固定化されたデータを閲覧するだけでは、利用用途は限定されてしまう。（図 16）

前述した通り「東京都デジタルツイン 3D ビューア」では、53 区市町村の 3D 都市モデルと、多摩・島嶼地域（小笠原諸島を除く）の 3D 点群データが公開されている。それによりほぼ全地域を一体的に可視化し、必要なデータを重ねていくことで利用される GIS になる。また、これらのデータはオープンデータ化されているため、システムの更改や新たなサービスへの移行もスムーズに行える。さらに、静岡県や石川県能登半島の事例でもわかる通り、有事には状況把握や復興支援の重要なデータとなる。

都市のダイナミックさを可視化・分析するには 3D 都市モデルに、人流データや交通データ、衛星などで把握する天候や環境データ等を組み合わせていくことが必要になる。沖縄県は、東西約 1,000 ㎞、南北約 400 ㎞と広大な県域をもつ。この広大な県域を守るには、それぞれの地域に分散したデータや情報を、リアルタイムで一体的に可視化・発信できる環境整備が求められる。

3D ビューアについては、前述した「都市空間情報デジタル基盤構築支援事業」に参加すれば、沖縄県内のデータは「G 空間情報センター」でオープンデータとして提供され、PLATEAU VIEW で可視化される。PLATEAU VIEW2.0 以降は、データ管理が行える CMS 機能（※Contents Management System ウェブサイトのコンテンツを構成する要素を保存・管理するシステム）を有しているため、県がこのアプリケーションを元に独自ビューアを構築・データ管理することも考えられる。また、PLATEAU VIEW に実装されている機能では足りず独自に構築したい場合は、東京都や広島県のように個別で 3D ビューアを構築することもできる。

沖縄県内でそれぞれ構築・運用している GIS（地理情報システム）については、基本計画完了年までにデータ形式は標準化し、3D ビューアは一体化するのが望ましい。統合された基盤が存在する上で、各自治体が個別に独自機能を持つ GIS を構築することは妨げるものではない。

3D 都市モデルの活用については、プラトーでは様々なユースケース開発が行われており、その内容は全て公開されている。得られた知見はマニュアルや技術資料等のガイドブックやソースコードとしてまとめられており、こちらも公開されている。使用するデータは標準化されたデータ形式であり、類似の地域課題があれば応用が可能であるため、単独で取り組むより遥かにメリットがある。

図 16：県内全域の一体化した可視化・分析環境

（３）産学官民一体となったデータ整備・活用気運の醸成

基盤となる 3D 都市モデルは行政主導によって整備されるが、そこに付加されていくデータ、またはデータが現状に沿って更新されていくためには行政部門だけでなく、地域に関わる民間企業や大学・研究機関、市民などの協力が必要不可欠である。

全国の例に漏れず、沖縄県内でも各分野でデジタルトランスフォーメーション（以下、DX）の必要性が求められている。DX は、経済産業省が示すように「デジタイゼーション（デジタルデータ化)」「デジタライゼーション（プロセスのデジタル化)」を通して「デジタルトランスフォーメーション（デジタルによるビジネス変革)」に至る。DX によって最終的に目指すことは、個社ごとの個別最適化ではなく、レジリエンス（強靭）で持続可能な地域社会の再構築である。その実現のために、個別最適化したアナログ情報をデジタルデータ化し、スムーズな分野横断連携や自動化が容易にできる環境を整備する。その取り組みを促進するには、3D 都市モデルの活用は有用である。なぜなら、あらゆる産業は地域と紐付いている。実際の形状や属性情報が備わった 3D 都市モデルを活用して、自社保有データと組み合わせて分析やシミュレーションをすることで、これまで 2D 地図では見えなかった商圏分析や業務高度化、他業種連携検討や物流改革、自動運転検討などが可能になる。また、大学などでは実際に自分たちが住むまちの 3D 都市モデルを活用して、様々な研究開発が可能になり社会実装貢献に寄与する。

プラトーでは、3D 都市モデルの整備とオープンデータ化を進めると同時に、データを活用したユースケースの開発を行っていると前述した。その内容は、プロジェクトのウェブサイトで発信するほか、各種 SNS でも随時発信している。また、民間主体での PLATEAU コミュニティがさらに成熟・発展・拡大していくためのイベント開催や開発ナレッジの共有、交流の場の創出などを積極的に行っている。

このような取り組みが継続的に行われてきたことで、わずか４年間で非常に広範囲の地域でデータ整備や活用が進んできている。この流れを沖縄県でも取り込むことが必要である。

沖縄県内での「PLATEAU AWARD」等のイベント開催誘致、各種アイデアソン・ハッカソンの開催支援、市民ワークショップやコンソーシアムワーキンググループ等での活用、企業や教育機関での人材育成への活用など、ムーブメントを高めることでデータ整備を促進することが求められている。（以上）

FY2023 Project PLATEAU　都道府県データカバレッジ 実施状況（2024.3月現在）

出所：PLATEAUコンソーシアム 第2回定例会議「成果サマリー」を参考に作成

順位	都道府県	自治体数	PLATEAU	実施率
1	静岡県	35	35	100%
2	東京都	62	53	85%
3	広島県	23	7	30%
4	大阪府	43	11	26%
5	埼玉県	63	16	25%
6	佐賀県	20	5	25%
7	鳥取県	19	4	21%
8	神奈川県	33	6	18%
9	愛知県	54	9	17%
10	福岡県	60	8	13%
10	新潟県	30	4	13%
10	和歌山県	30	4	13%
13	兵庫県	41	5	12%
13	香川県	17	2	12%
15	石川県	19	2	11%
15	大分県	18	2	11%
17	愛媛県	20	2	10%
18	熊本県	45	4	9%
18	群馬県	35	3	9%
20	長野県	77	6	8%
20	福島県	59	5	8%
22	三重県	29	2	7%
22	茨城県	44	3	7%
24	千葉県	54	3	6%
25	岐阜県	42	2	5%
25	長崎県	21	1	5%
27	山梨県	27	1	4%
27	岡山県	27	1	4%
27	京都府	26	1	4%
27	宮崎県	26	1	4%
27	栃木県	25	1	4%
27	徳島県	24	1	4%
33	青森県	40	1	3%
33	奈良県	39	1	3%
33	宮城県	35	1	3%
33	岩手県	33	1	3%
34	北海道	179	3	2%
34	沖縄県	41	1	2%
39	秋田県	35	0	0%
39	山形県	25	0	0%
39	富山県	15	0	0%
39	福井県	17	0	0%
39	滋賀県	19	0	0%
39	島根県	19	0	0%
39	山口県	19	0	0%
39	高知県	34	0	0%
39	鹿児島県	43	0	0%

※青字は「PLATEAUコンソーシアム」参加都府県

参考：都道府県データカバレッジ実施状況

参考文献一覧

- 国土交通省「PLATEAU」[https://www.mlit.go.jp/plateau/] （最終検索日：2024 年 4 月 4 日）
- 国土交通省「国土交通データプラットフォーム」[https://www.mlit-data.jp/#/]（最終検索日：2024 年 4 月 4 日）
- 東京都「東京都デジタルツイン実現プロジェクト」[https://info.tokyo-digitaltwin.metro.tokyo.lg.jp/]（最終検索日：2024 年 4 月 4 日）
- 静岡県「VIRTUAL SHIZUOKA Project」[https://virtualshizuokaproject.my.canva.site/?fbclid=IwAR3NbvdmG-X0gETwrzlu3NdoU4Q_fD7AIZmDVm4T_jD5aSE9N5hKGtZKXgM_aem_AUCvqeu3FeujvjrKw5x_17q2GSQL6gwKHLR6bSDfJOsjZvJVUaV5MAaBttoaE6_NzchGbxMWj_9NMxWQQiuUQxO3]（最終検索日：2024 年 4 月 8 日）
- デジタル庁：「デジタル田園都市国家構想」[https://www.digital.go.jp/policies/digital_garden_city_nation]　（最終検索日：2024 年 4 月 2 日）
- 内閣府：「デジタル田園都市国家構想（DIGIDEN）」[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/digitaldenen/index.html]　（最終検索日：2023 年 8 月 31 日）
- 内閣府：「内閣官房・内閣府総合サイト　地方創生」[https://www.chisou.go.jp/sousei/about/kouhukin/index.html]　（最終検索日：2023 年 9 月 10 日）
- 一般社団法人スマートシティ・インスティテュート：「地域幸福度（Well ~Being）指標」[https://www.sci-japan.or.jp/LWCI/index.html]　（最終検索日：2023 年 9 月 1 日）
- FORTUNE BUSINESS INSIGHTS：「ハードウェア及びソフトウェア IT サービス/デジタルツイン市場」[https://www.fortunebusinessinsights.com/jp/%E3%83%87%E3%82%B8%E3%82%BF%E3%83%AB%E3%83%84%E3%82%A4%E3%83%B3%E5%B8%82%E5%A0%B4-106246]（最終検索日：2024 年 3 月 23 日）
- KBV Reseaarch：「世界のデジタルツイン市場規模、シェアおよび傾向分析レポート」[https://www.kbvresearch.com/press-release/digital-twin-market/]（最終検索日：2024 年 4 月 3 日）
- DASSAULT SYSTEMS：「3DEXPERIENCE PLATFOUM」[https://www.3ds.com/ja/3dexperience]（最終検索日：2024 年 3 月 22 日）
- ヘルシンキ：「xDTWiN　NEW PERSPECTIVE TO PROJECTS」[https://www.xd-twin.io/]（最終検索日：2024 年 3 月 22 日）
- Breda University：「Smart city Monitor」[https://www.buas.nl/en/research/domains/built-environment/projects/smart-city-monitor]（最終検索日：2024 年 3 月 30 日）
- European Commission：「RIACT-EU」[https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/react-eu_en]（最終検索日：2024 年 3 月 26 日）
- Werner Kritzinger 他[2018]「製造業におけるデジタルツイン：カテゴリー別文献のレビューと分類」[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896318316021]（参照：2024 年 4 月 6 日）
- CESIUM：「東京都デジタルツイン 3D ビューアは Cesium を活用し、都民生活の質の向上を守る」[https://cesium.com/blog/2024/04/04/tokyo-metropolitan-digital-twin-3d-viewer-uses-cesium/]
- PLATEAI コンソーシアム「第 2 回定例会議、第 2 回アドバイザリーボード、第 13 回 3D 都市モデルの整備・活用促進に関する検討分科会」資料（2024.3.15）
- PLATEAU 技術チュートリアル編集委員会[2023]「3D 都市モデル PLATEAU 公式ファーストガイド」角川アスキー総合研究所
- 日立東大ラボ［2018］「Society5.0 人間中心の超スマート社会」日本経済新聞出版
- 日立東大ラボ［2023］「Society5.0 のアーキテクチャ 人中心で持続可能なスマートシティのキーファクター」日本経済新聞出版
- 小宮昌人［2022］「メタ産業革命～メタバース X デジタルツインでビジネスが変わる」日経 BP
- 木村駿［2018］「建設テック革命～アナログな建設産業が最新テクノロジーで生まれ変わる」日経 BP
- 久保田瞬・石村尚也[2022]「メタバース未来戦略」日経 BP
- 西岡満代［2023］「未来をつくるバーパス都市経営　健康、交通、観光、防災……新たなビジネスを生み、ウェルビーイングを高める方法」日経 BP
- KPMG コンサルティング[2022]「スマートシティ 3.0」日本経済新聞出版社
- 勝美 直光, 平塚 勇司, 岩瀬 嘉樹, 田村 健, 榊原 庸貴[2023]「首里城公園における BIM/CIM を活用したインフラ DX の推進」J-Stage
- りゅうぎん総合研究所[2022]「特集：沖縄の Society5.0 を考える　杉本直也氏に聞く」2022 年 8 月号
- りゅうぎん総合研究所[2022]「特集：沖縄の Society5.0 を考える　内山裕弥氏に聞く」2022 年 10 月号