

## 都市と文化財のデジタル化で生まれる博物館の新たな展開

# New Developments in Museums Created by the Digitization of Cities and Cultural Properties

和田 浩

Hiroshi WADA

Key words: Digital Transformation, Digitization, Digital Twin, Cultural Properties, Museum

### 1. デジタル化・DX・デジタルツイン

近年、国内では頻りに耳にするようになったDX（デジタルトランスフォーメーション）は情報のデジタル化とは異なる概念である。デジタル化とは、簡単に表現すると、情報をデータ化し、可視化する行為である。博物館に関連する事例としては、文化財の保存環境を表現する各要素のデータ化が挙げられる。センサーが取得した展示室内の温湿度値をグラフ化し季節や時刻との相関を解析することで、その情報が知識化されるのは身近な具体例である。この場合、データ自体はフィジカル空間（現実空間）で取得されるが、解析はサイバー空間で行われる。そうしたオペレーションを実現するための準備のようなものがデジタル化である。

一方、DXとは、デジタル化されたデータを用いて、現在の課題の解決を行うこと、あるいは、データを活用することによって新たな価値を生み出すことをシステムとして構築することである。例えば、博物館をどのように運営するのが普及面で効果的となりかつ低コストなのかを判断したい場合に、展示室の温湿度、空調機器の稼働状況、エネルギー消費量、来館者数、来館者の年齢層等のデータから、シミュレーションを行い、運営方針の選択肢を提供するというような、情報の高度な利活用の実現がDXによる効果である。DXのために改めて情報を取り直すという感覚ではなく、既存の情報を活用する仕組みとして捉えることが一つのポイントではないかと考える。DXによって、様々な活動にデジタルテクノロジーを取り入れることで、あらゆる博物館業務の質を向上

させられるのであれば、導入しない手はない。働く側の人間としてもDXによって余暇が生まれ、より充実した生活を送る事にもつながる。

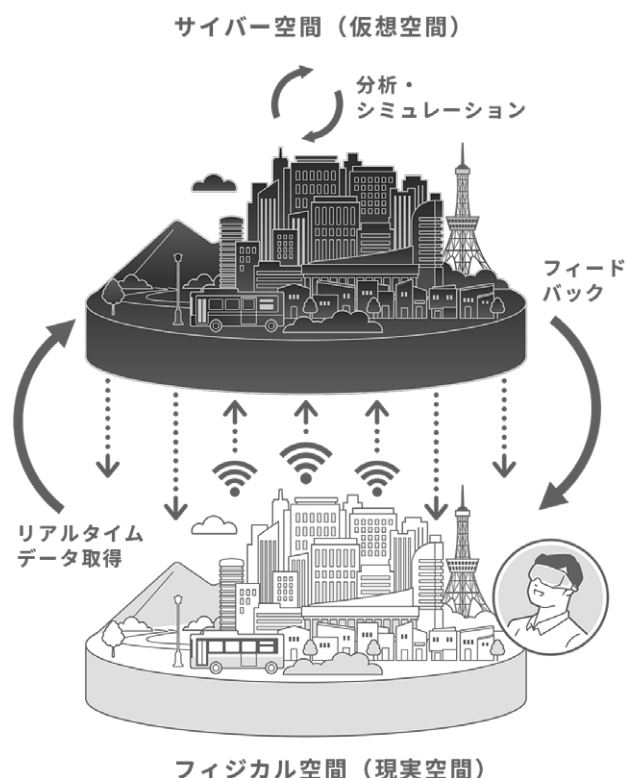


図1 デジタルツインのイメージ。資料1)より転載。

そして、DXによって構築されるのがデジタルツインである。博物館であれば、各所のセンサー等から取得したデータをもとに、建物、展示室、収蔵庫、文化財、来館

者の流れ等、様々な要素をサイバー空間（PCやネットワーク上の仮想空間）上に双子（ツイン）のように再現したものである。デジタルツインは一度構築すると固定されるものではなく、フィジカル空間上での変化がリアルタイムで更新される必要がある。その上で、デジタルツイン上で分析やシミュレーションを行い、結果をフィジカル空間へフィードバックするというループを維持する（図1）。したがって、デジタルツインのみで社会が成立するのではなく、人間が実活動を行うフィジカル空間をサポートする役割がデジタルツインという位置づけとなる。デジタルツインやサイバー空間という言葉から人間味の無い印象になりがちであるが、目指すところは人間中心の社会である。

## 2. 都市の DX

デジタルツインとしての 3D 都市モデルの利活用は海外が先行しており、3D 都市モデルを利用した市民への交通情報の提供、シミュレーションおよびオープンデータ化が進められている。例えば、オランダの 2 番目の規模の都市であるロッテルダム市は「Rotterdam3D」プロ

Rotterdam 3D City Model



図2 Rotterdam3D。資料2)より転載。

ジェクト（図2）を2010年にスタートしている。2010年に Rotterdam3D 1.0、2014年に Rotterdam3D 2.0、2018年に Rotterdam3D 3.0と当初からロードマップを掲げていた。Rotterdam3Dのビジョンは4つの柱から構成されており、“(1) すべてのキーレジスタの基盤となる (Foundation for all key registers)”、“(2) すべての主要プロセスを含む (Part of all primary processes)”、“(3) オープンでデータ交換可能である (Open and exchangeable(CityGML)”、“(4) すべての応用分野において使いやすい(Usefull for all kind of applications)” というものである。ビジョン(1)は、まず 3D 都市モデルにあらゆる情報がインプットされ、ユーザーは 3D 都市モデルから必要な情報を引き出し、

活用するというシステムがイメージされたものであ

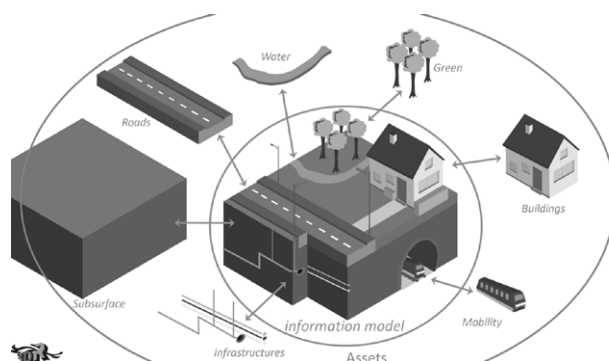


図3 3D 都市モデルに組み込まれた多層なインフラ情報。資料2)より転載。

る。ビジョン(2)はそのために、3Dモデルには多層的にインフラや環境等の情報が組み込まれたものであるという意味である(図3)。ビジョン(3)は、3D都市モデルを利活用し、高度なシミュレーション等を行う場合に必要となる。モデルが階層的構造を持ち、例えば3Dデータに対して表面のテクスチャの更新などをユーザー側で行えるようなオープンデータである必要性を明記したものである。採用された CityGML は 3D 都市モデルにおけるスタンダードなオープンデータフォーマットである。ビジョン(4)は3D都市モデル自体の意味は存在ではなく、それを利活用することによる課題解決や新たな価値の創造であるという基本的な考え方を明示したものである(図4)。

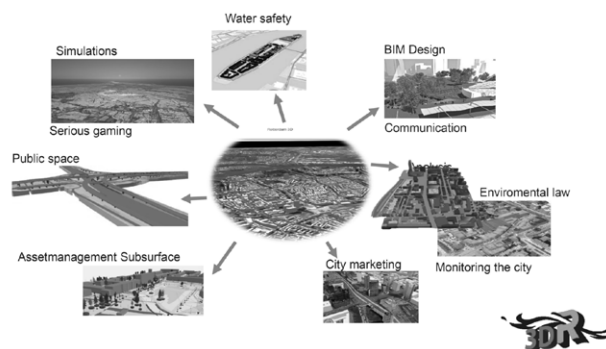


図4 3D 都市モデルの高度な利活用の展開。資料3)より転載。

現在、ロッテルダム市の 3D 都市モデルは使用制限なく誰でも使えるデータとして公開されている(www.3drotterdam.nl)。

一方、日本政府は、サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させたシステムを構築することにより、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「Society5.0」の実現を目指している。国土交通省都市局が2020年度からスタートさせたProject“PLATEAU”(プラトール)における3D都市モデルを基盤とした「まちづくりのデジタルトランスフォーメーション(UDX)」の取組は、この潮流に位置づけられるものである(図5)。

国土交通省が公開している「3D都市モデル導入のためのガイドブック」<sup>3)</sup>には、以下の記載がある。



図5 PLATEAUから見た東京駅周辺<sup>4)</sup>。

3D都市モデルの最大の特徴は、都市の幾何形状(ジオメトリ)モデルに加えて、様々な“都市の意味”(セマンティクス)に関するデータが統合されていることである。この特徴を有効に活用することで「可視化(ビジュアライズ)」と「再現性(シミュレーション)」、「双方向性(インタラクティブ)」といった3D都市モデルの提供価値を導くことが出来る。

防災政策の領域においても、これらの3D都市モデルの提供価値を取り入れることにより、その内容を高度化し、新たな価値をもたらすことが期待される。特に、これまで必ずしも直感的な理解が容易ではなかったハザードマップ等の災害リスク情報については、3D都市モデルのもつ「可視化」の提供価値を發揮することで、より一層わかりやすく視覚化し、住民の防災意識の向上等に繋げるポテンシャルは大きい。

これからの社会においては、3D都市モデルの利活用がもはや市民生活の基本となることは間違いない。世界的なデジタルシフトへ乗り遅れることのないように、こうした取り組みは加速させる必要がある。博物館も都市の中に存在し、都市を構成する要素の1つであり、都市と博物館は切り離すことのできない関係にある。また、博物館の来館者も都市に居住する市民である。こうした位置付けから、都市のDXと博物館、文化財のDXを同期して進める必要性は必ず生じるものと考えられる。

### 3. 文化財のDX

Society5.0の目指す社会において、博物館も新たなステージを迎えることとなる。文化財の保存、活用、管理、運営、展示、演出、学習、普及、防災といった様々な活動が最適化し、進化を遂げることが期待される。

それらは、博物館DXにより、サイバー空間とフィジカル空間が高度に融合されることで、実現可能性を持つ。しかし、博物館の周辺領域においては、デジタル化とDXを同一視したレベルとして捉えてしまい、可視化やモデル化はできても、それらを活用した新たな価値の創造や課題解決にまで到達できていない状況が大部分を占めている。つまり、博物館の個性を活かしたDXの方法論が未だ存在しないため、やがて訪れる超スマート社会へのデジタルシフトの遅れが顕在化しつつある。

一方、文化財に関するデジタル情報は、現在すでに多様な科学的手法による調査が進み、高密度かつ膨大な情報が蓄積されている。博物館の建築や内部空間はCAD化やスキャニングによりデジタル情報を揃える事が可能である。また、博物館が立地する地域については、政府によるデジタル田園都市国家構想の下、都市のデジタル化が東京都等の自治体によって積極的に進みつつある(本稿では、以上の、文化財、博物館、都市の既存ストックをまとめて文化財アセットとして定義する)。つまり、博物館DXに必要な材料としての文化財アセットは各レベルで揃えられる状況にある。しかし、文化財アセットがその詳細度毎に別階層に格納されており、横連携が乏しく、最大限に活用されていない。実際、海外の状況を見ると、デジタル文化財情報のデータベースとしてEUの「ヨーロッパアーナ」(2008年)、米国のDPLA(Digital Public Library of America) (2013年)等の組織横断型の大型プロジェクトが存在していた。情報化段階のものとして非常に優れる一方、資産(アセット)として活用し新たな付加価値を生み出すのは次段階での課題とされていた。既に国内の現場レベルでは、情報が埋もれて共有化できないことが原因で、同質の情報を文化財から獲得するために同じ作業を人間が繰り返して人的リソースを浪費させるばかりか、文化財も消費してしまう深刻な悪循環が生まれつつある。人間と文化財が消滅する前に予防策を講じる必要があり、まずはあらゆる文化財アセットをシームレスに繋ぐ、社会的ニーズに応えるプラットフォーム構築が求められている。

一方、以上のようなデジタルシフトへの機運が高まる中、コロナ禍を契機に、人々の生活様式は大きく変化した。博物館の機能もニューノーマルにおけるニーズに対

応させる必要が生じている。実は Society5.0 の概念も、博物館で働く管理者とユーザーの双方が快適で活力に満ちた質の高い生活を送ることのできる、人間中心の社会を目指していると解釈できるものである。つまり、博物館はニューノーマルに対応した人間中心のものへと深化させねばならない。そのためには、文化財アセットを最大限活用した博物館 DX の実現がもはや必須の課題となっている。博物館 DX によって、博物館も様々な人々のライフスタイルや価値観を包摂し、文化財の利活用に関する多様な選択肢を提供するとともに、ユーザーの多様性が相互に作用して新たなイノベーションを生み出すためのプラットフォーム構築が実現できると期待される。

文化財アセットの一例として、文化財の保存環境情報が存在する。保存環境は施設内に設置された各種のセンサーによって温湿度、照度、振動といった環境情報の各要素を計測することでその環境を評価できる。リアルタイム計測値はネットワークを介して、管理者の手元に届き、人間が判断を下すことで即座に環境の制御が技術的には可能となっている。

日常業務としては、仮に環境が変化した場合、その原因の調査のために、あるいは、その環境に接する文化財の確認のために、現場状況を確認する必要がある。それを確実にを行うには、センサーが設置された現地へ人間が移動せねばならない。この作業は過去の環境情報をデータベースから抜き出して参照する際に、特に、展示替えが定期的な実施される博物館においては過去の周辺状況を復元せねばならないため、より複雑なものとなる。

博物館において、環境情報は常に何らかの変動を持っており、その環境に接する文化財も次々に変わる。また環境変動に伴い、文化財が変化することもある。そしてその両者は展示室という比較的普遍性のある空間に存在するがそこもまたレイアウト変更等による変化が生じる。つまり、この例では文化財アセットとして、環境情報、文化財の状態情報、施設情報の少なくとも3要素が関係し、それぞれ時間変化を伴って存在する。仮に各文化財アセットが3D空間上に紐づいて格納されていれば、データは空間から入手するものとなり、解析ニーズに応じて空間の時間をチューニングできれば理想的なデータのビジュアライズが実現できる。フィジカル空間ではこのような発想は実現し得ないが、次元拡張性を有するサイバー空間であれば可能である。

#### 4. 新たな展開

環境情報のみならず、博物館には、文化財の調査によって獲得された構造や材質の情報や、空調の配管といった設備情報が豊富に蓄積されている。フィジカル空間としては、収蔵庫やバックヤードといった来館者には見えない部分をむしろ多く持っている。これらの情報や空間に関しても、上記同様にサイバー空間の利用によって生まれる新たな管理手法の展開が期待できる。デジタルツイン上での時空間制御によって、例えば過去の環境情報から未来予測が可能となり、得られた未来の環境情報を超高詳細度の文化財モデルへ入力することで文化財の応答すなわち劣化予測が得られる。それを回避するための予防策をデジタルツインでシミュレーションし、管理者の行動の最適化を実現できる。このオペレーションが実現した結果、従来は管理者の手作業や物理的移動に費やされた時間を大幅に短縮でき、管理者に時間を提供する。

あるいは、サイバー空間上で災害を疑似的に発生させ、被害状況を予測・分析することで、安全・安心な整備計画や避難計画の策定等への適用をテストする。さらにこれらを実際の避難訓練に合わせて、XR (VR+AR) 技術を活用した災害発生時の疑似体験としての活用ができる。また、文化財や博物館施設の劣化予測からのメンテナンスサイクルの導出を始めとする、デジタルツインによる予測モデリング技術が開発できる。こうした可能性は博物館で働く人間の行動様式に劇的な変化をもたらす。

一方、来館者としても、サイバー空間上に博物館のデジタルツインが構築されることで、行動に大きな変化が生じる。XR 技術を活用し、文化財アセットを利活用したリアルタイム 3D 型体験コンテンツを作成することができる。これは、フィジカルな博物館空間をデジタルツインと連動させ、アクティブなメタデータ管理が可能となる事が大きい。それによって、フィジカル空間に展示されている文化財を鑑賞しつつも、それに付随するメタデータを自在にサイバー空間上に、あるいはフィジカル空間上に VR 表示といった情報提供も可能となる。さらに、フィジカル空間とサイバー空間のユーザー同士が相互に作用する仕組みを利用し、そこに文化財のメタデータを利用した全く新たな体験型コンテンツを立ち上げることもできる。仮に、フィジカル空間上の文化財と同じ詳細度でデジタルツインを構築できれば、肉眼観察レベルであればデジタルツインの鑑賞で目的は果たせる可能性もある。

いずれにしても、来館者が接することのできるあらゆる情報とサイバー空間は自ら選択できるものとなる。来館者はユーザーとして自分だけにカスタマイズされた展示空間を体験することとなる。従来は博物館側が用意したコンテンツを楽しむといった一方向性のコミュニケーションが、デジタルツインの登場で大きく変わると期待される（図6）。



図6 様々な階層に別格納されている文化財アセットを横断的に連携し(博物館DX)、博物館のデジタルツインを生成することで期待される新たな展開。

このように従来は存在し得なかった博物館と人間の間に繋ぐリアルタイムな双方向性が、デジタルツインの構築によって実現化する。その結果、新たなエンターテイメント空間や、遠隔地における文化財を利用した学習コンテンツ等が誕生し、従来の枠を超えた範囲で博物館はユーザーを獲得する事にもなる。ユーザーとしては、人類共有の財産とされる文化財をサイバー空間で自在に共有できるようになる。旅行時など必要に応じてフィジカル空間での鑑賞を選択し、日常的には生活空間に個人的な嗜好に合わせた文化財を取り入れた XR プライベート博物館としての楽しみ方も可能となるのではないだろうか。以上のように博物館活動に新たな展開が期待され、それらは、文化財アセットを複合的に活用することでその効果は得られる。つまり、フィジカル空間上に存在する文化財そのものを消費することなく実現できる内容であるため、持続可能な文化財の活用の形態と位置付けられると考えている。

引用資料

- 1) 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/>)
- 2) Joris Goos, Geo Delft Conference 2018  
(<https://www.tudelft.nl/geodelft2018/downloads/>)
- 3) Jane Hermans-van Ree, 3D Geoinfo 2018  
(<https://3d.bk.tudelft.nl/events/3dgeoinfo2018/programme.html#presentations>)
- 4) 国土交通省  
plateau(<https://www.mlit.go.jp/plateau/>)
- 5) 国土交通省「3D都市モデル導入のためのガイドブック」(<https://www.mlit.go.jp/plateau/libraries/>)