



情報表現のパラダイムシフト

— 平面的情報空間から立体的情報空間へ —

熊本大学大学院先端科学研究部准教授

大西 康伸

1. 情報表現のパラダイムシフト

「企業のネットが星を被い 電子や光が駆け巡っても 国家や民族がなくなる程情報化されていない 近未来…」

これは 30 年前に描かれた士郎正宗の原作「攻殻機動隊」の冒頭に出てくる、2030 年前後という同作品の時代背景を物語る重要なセンテンスである。未だ途上にあるネット社会を日本におけるインターネット元年より 5 年以上前にヴィジョン化し、その技術的先見性と緻密な設定からサイエンス・フィクションとして国内外で絶大な人気を誇っている。

翻って今は 2019 年、あと 10 年余りで同作品が描いた時代がやってくる。内閣府は、デジタル化が進んだ社会像として「Society5.0」という科学技術政策を打ち出している。そこでは、「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」と現在進行形の技術革新の有り様が描かれ、「全ての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、今までにない新たな価値を生み出す」時代の到来が予見されている。

ここで、人間が得る情報の大半を占めると言われる視覚に着目してみよう。確かに、Virtual Reality や Augmented Reality、Mixed Reality など(以下、xR)、

視覚を中心としたサイバー空間とフィジカル空間の融合技術が様々な分野に浸透し始めている。作品中で描かれた、可視なものを不可視にする熱光学迷彩技術や、視覚を自由に操ることを可能とするインターセプター(視聴覚素子)と電腦のハッキングは、高度化の一途をたどる xR 技術により形を変え実現しつつあると言える。一方で、映像処理技術の進展は著しいものの、「情報をいかに表現するか」という情報表現の有り様については発展途上である。そこで本寄稿では、長らく平面的な広がりの中で表現され活用されてきた情報が、三次元空間という立体的な広がりの中で表現され活用されることの可能性について、建築・都市分野での実践に基づき示したい。

2. 意思決定のフロントローディング

ここ数年、研究の中で Lumion や Enscape などの VR ソフトや Unity などのゲームエンジンを扱うことが多くなってきた(以下、VR ソフト)。特に意識している訳ではないが、BIM を研究テーマとして取り組んできた結果として、当然と言えば当然かもしれない。なぜなら、建築にまつわる多種多様な情報の中で 3D モデルは中心的な存在なのだが、それをういた建築の表現能力は Revit や ARCHICAD などの BIM ツールと比較して、VR ソフトは格段に優れているからであ

る。3D モデルは、例えば設計段階において「設計案の伝達」という非常に重要な役割を果たすが、例えば施主や利用者などの非専門家を伝達対象とした場合、「専門家のための設計の道具である BIM ツールが、非専門家への設計案の伝達にはたして最適なのか」という疑問が常にあった。フロントローディングは専門家のみではなし得ない。プロジェクトのステークホルダーが全員で取り組むべき事柄であり、その唯一無二の道具が BIM ツールであるということには議論の余地がある。

そこで、BIM ツールを使って設計を行った場合常に最新の 3D モデルが存在する利点を生かし、あるテナントビルの基本設計開始時から施主を交えたすべての設計会議において、VR ツールを用いて設計案を伝達することを試みた¹⁾(図 1~3)。基本設計段階ではあるがリアリティのある作り込んだ周辺モデルを作成し、テナントも決まっていな中で飲食店というキーワードだけでそれらしいインテリアデザインを施し、施主の意思決定の前倒しを支援することを目論んだ。BIM ツールが設計者の技術的側面のフロントローディングの道具であるとするれば、VR ツールは施主の意思決定のフロントローディングの道具として機能することを期待した。結果は、設計会議の発話分析より、基本設計段階の最初期の打合せにもかかわらず、約 30%の割合で実施設計において検討されるべき内容が議論されており、意思決定を行うシーンも散見された。

また、ある世界遺産の主要構成要素である社寺を含む地区の整備計画の可視化に携わる機会を得た²⁾(図 4)。規模計画も確定しておらず予算の獲得もままならない段階において、作り込みをしたリアリティのある VR モデルを作成した。このまま補助金が確定し

設計が進むとどうなるのかを、景観的側面からシミュレートしたプロジェクトである。企画設計よりさらに前の段階で VR を用いた理由は、1/500 や 1/1000 のような地図に近い縮尺の図面を使った方針検討の段階であっても、それがおおよそ各方面で承認され、(通常後戻りできず)実現したときに景観的にどうなるのかを当該社寺および所在市の担当者に伝える必要性を感じたためである。いわゆるポンチ絵を見ていたにも関わらず、会議の場では社寺の担当者から建築の配置について境内の建築と位置的にバランスが悪い旨の意見が出されるとともに、市の担当者からは景観関連条令や整備方針の策定段階などのプロジェクトの最初期段階においてさえ VR は有用であるとの意見を得た。

これら事例では、VR モデルをプロジェクションして会議を行っているが、HMD(Head Mounted Display)を利用しない非没入型、非立体視の VR でも、3DCAD や BIM ツールと比較して植栽や水面などの自然物、光・陰影、テクスチャなどのリアルな描画や滑らかな視点変更など並外れた表現能力がある。また、いくら綺麗に表現された図面やパースでも、そこから得られる情報は限定的である。非専門家の参画には高度な表現力やスムーズでインタラクティブなモデルの閲覧が必要であり、それには VR が適している。さらに、実際に VR をプロジェクト初期段階で使ってみると、設計者などの専門家にとっても、設計案検討のためのツールとして、VR の特徴は有用であることを感じた。



図 1 テナントビルの VR モデル(外観)



図 2 テナントビルの VR モデル(内観)



図 3 VR を用いた設計会議の様子



図 4 世界遺産を含む地域整備計画の VR モデル
上:現状、下:整備計画初期案

3. 図面の立体化

設計に BIM ツールを用いると、立体物である建築をそのまま立体物として記述することが可能である。それにも関わらず、設計案の伝達には未だに 200 年以上前に考案された「図面」という記述手法を用いている。BIM ツールが図面の作成を効率化したのは確かだが、アウトプットが果たして従来通りの図面のままでよいのかという疑問がある。そこで、BIM ツールを用いて「立体物を立体物としてそのまま伝達することができないか」と考え、並行投影ビューに各種注釈や寸法線などの文字情報を記載した「3D 実施設計

図書(以下、3D 図書)」という、図面に代わる新たな表記手法を考えた³⁾(図 5)。実在する在来木造住宅の 3D 図書を作成し、そのみを参考に学生が実施設計図書の情報に基づく 1/20 という大きな縮尺の模型を製作するという実験を行った。その結果、実務経験に乏しい学生という立場であるにもかかわらず、実際の建築と 9 割程度合致した模型が完成した(図 6)。もし従来の図面を参考に製作した場合、ここまでの再現は不可能であろう。従来の図面と比較して、3D 図書は伝達力が高いことが判明した。

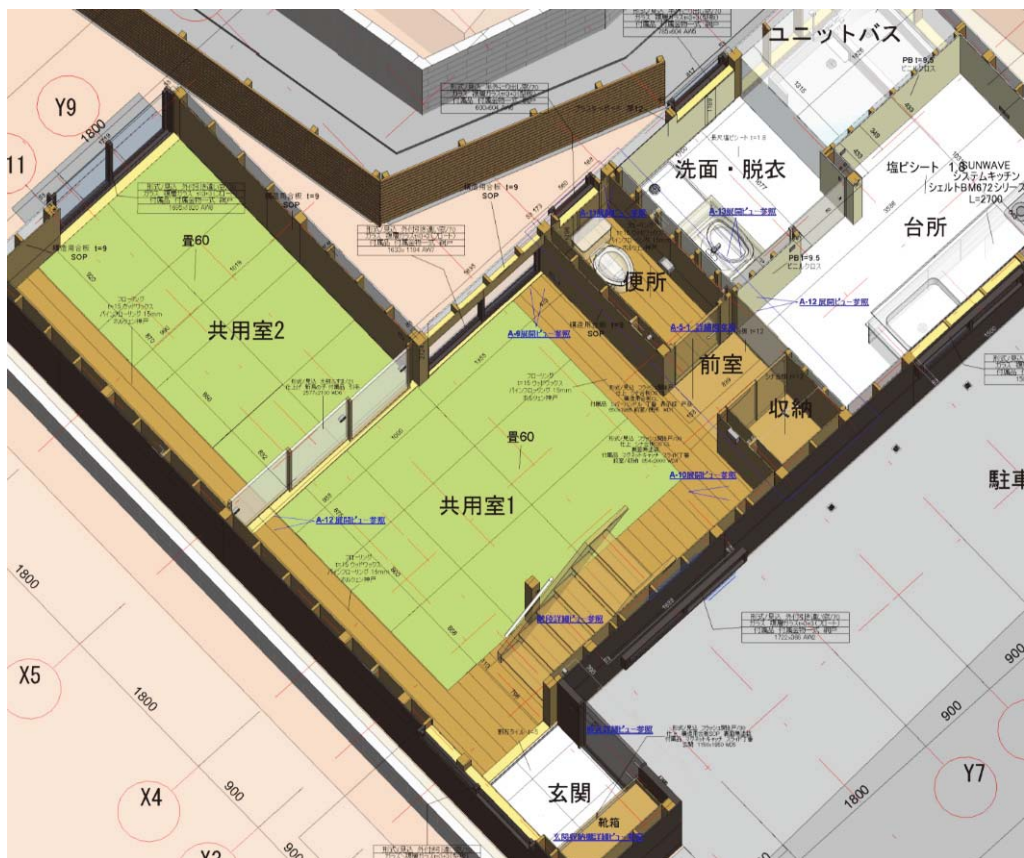


図 5 3D 図書(平面詳細ビュー)

BIM ツールをカスタマイズすることなく作成可能



図 6 3D 図書のみから製作された
1/20 の木造住宅の模型

3D 図書は、2 次元である図面が奥行を伴った 2.5 次元の立体図面とも言える。それ故に、平面的な表示装置である液晶ディスプレイやプロジェクター（以下、LCD）では、「注釈や寸法線、通芯などの文字情報がどの部分を指しているのか」という奥行に関する情報が、正確に伝わりにくいという問題点があった。そこで、3D 図書を HMD を用いて立体視した場合、奥行がわかりにくいという問題が解決可能かという実証実験を行った⁴⁾（図 7）。その結果、3 次元の立体図面と呼ぶに相応しい、従来の図面に代わる設計案の新たな伝達方法を提示するに至った（以下、VR 図書）。実際に HMD を装着し VR 図書を見ると、図面が平面から飛び出したような、はたまた模型に文字情報が記入されているような、なんとも言えない不思議な感覚を覚える。ここでの試みは立体を立体のまま伝達する試みに対する一つの回答でしかない。しかし、平面的な広がりの中で伝達されていた情報を一次元加えた立体的な広がりの中で伝達することは、（建築は立体であることから適合性が高いことを差し引いたとしても）計り知れない可能性を持つことを実感した。



図 7 VR 図書（平面詳細ビュー）のイメージ
ゲームエンジンを用いて実証実験の環境を構築

4. 立体情報空間を用いた維持管理

維持管理に関する文字や 3D モデルなどの情報のクラウド化によって、属人的だった維持管理情報をビル管理者、オーナー、テナント、利用者間で共有することを試みた⁵⁾⁶⁾（図 8）。データベース化され高度に管理された維持管理情報の利活用によって、予防保全やそれに伴う長寿命化、省エネルギー化などの戦略的維持管理が可能になる。しかし、開発システムは 3D モデルが表示されたウィンドウと維持管理情報が表示されたウィンドウを関連づけて表示ができるという情報表示方法を試みていたものの、情報ウィンドウは画面という平面的広がりの中で、場合によっては互いに重なりながらいくつも開くという、従来型のユーザインターフェースを採用していた（図 9）。また、3D モデルやウィンドウを操作する方法も従来通りマウスを用いたものであり、直感的に情報を操作するという感覚からかけ離れたものであった。

そこで、3D モデルと維持管理情報を同じ三次元空間に表現することで両情報の高度な連携表示を目指した、VR による立体視を活用したユーザインターフェースを提案した⁷⁾（図 10、11）。平面上での表示に対して一次元加わった「三次元空間」に情報

ウィンドウを表示することで、奥行を活用した情報表示が可能となり表現の幅が増す。例えば、新しい情報ほど手前に表示することで直感的に情報の新旧が把握できるといった、奥行を使った情報の並べ替え(ソーティング)によって、情報ウィンドウの三次元空間における位置を活用した直感的な属性把握が可能となる。ひとは平面、立体にかかわらず、空間内に置かれた位置でその対象の属性を記憶することができる。一次元増えた空間とすることで記憶できる属性の種類が増え、情報の直感的把握に役立つと考えられる。また、情報の表示に三次元空間を活用するだけでなく、モーションキャプチャによって両手の動きをキャプチャし、情報を「手で直接操作する」ことを試みた。操作を直感に基づき行うことによって、情報をより素早くより確実に理解する手助けになると考えた。3Dモデル閲覧のためのビューイング操作(オービット、拡大縮小、パンニング)はもちろんのこと、維持管理情報ウィンドウの表示、移動、拡大縮小、整列・並べ替えなど、すべての操作をマウスやキーボードを介さずに手の動作のみで行える仕様とした。さらに、アイレベル表示の際には、手の届く範囲が可視化される。この身体的情報は、建物にまつわる形状情報および維持管理情報と三次元空間で組み合わせ、さらに多様な情報群を形成する。これらの試みから、立体である建築そのものを三次元空間内に表現するだけでなく同じ空間内に維持管理情報を表示することで、表示可能な、または理解可能な情報量が増加するとともに、その理解の時間も短縮されるという実感を持った。もちろん、手による直感的な操作もそれに一役買っている。VRが作り出す三次元空間は、文字や数字などの視覚的情報以外のものを直接的に伝達したり、それらを視覚的情報に

変換して間接的に伝達したりすることに寄与すると言える。

またアイレベルにおいて、コンピュータが作り出す3Dモデルに関連づける代わりに、MRを用いて実際の建築内部の各部位・機器に維持管理情報に関連づけて表示することを試みた。加えて、配管などの隠れて見えない部位を3Dモデルとして実際の建築空間に重畳することで、隠蔽部を可視化した⁸⁾(図12)。建築の設計、施工、維持管理のどの段階でも、「すでに現実世界に実体や情報として存在するもの」、「これから実体化するために仮想世界に情報として存在するもの」の両者が含まれる。ARやMRはそれらを同列に扱える技術であるため、建築や都市といった分野と相性がよい。今後、両者はそれぞれの特徴を生かしながらますます高度に融合され、新たな体験や価値を提供すると考えられる。



図 8 建築情報マネジメントシステムの操作画面

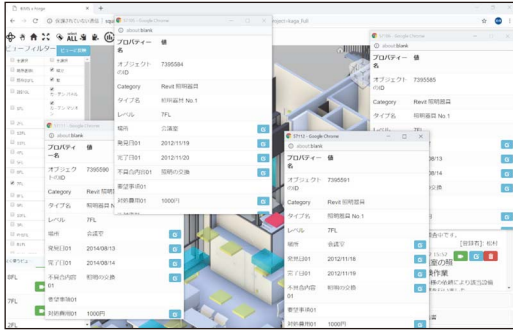


図 9 複数の情報ウィンドウが重なる様子

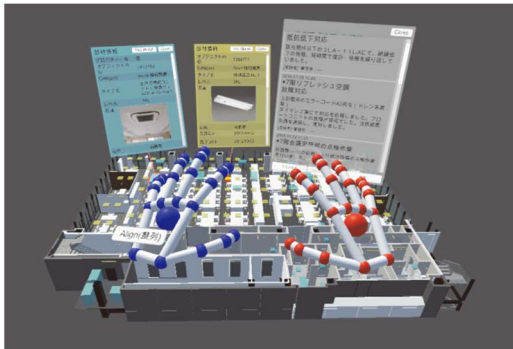


図 10 VR 版建築情報マネジメントシステムの
操作画面(俯瞰モード)

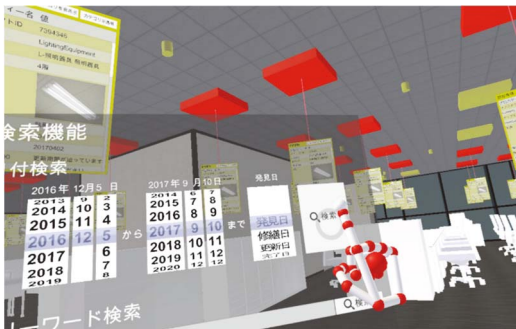


図 11 VR 版建築情報マネジメントシステムの
操作画面(アイレベルモード)



図 12 MR を活用した維持管理支援システム

5. 平面的情報空間から立体的情報空間へ

これらの取り組みは、建築や都市の分野において長らく平面的な広がりの中で表現され活用されてきた情報が、三次元空間という立体的な広がりの中で表現され活用されることの可能性について示している。このことは、「平面的情報空間から立体的情報空間へ」という情報表現のパラダイムシフトと言えるのではない。さらに変革はそれだけではなく、現実の空間や情報と仮想の空間や情報を高度なレベルで融合できるところにある。

建築の設計や施工、維持管理における膨大な情報を処理するためにコンピュータが導入され、久しい。コンピュータは高度な情報処理能力を持つが、処理結果を理解する側であるひとの認識には限界がある。xR はひとの認識を拡張し、コンピュータが処理する結果の利活用を支援する。はるか遠くに行ってしまったコンピュータにひとが少しでも追いつこうとするための技術であるとも言える(もともと、xR はコンピュータにより処理されるものではあるが・・・)。今後は、現実にある視覚的環境を単にリアルに再現するのではなく、視覚的要素以外にも含む現実にはない環境を現実のように作り出し、それを手がかりにひとが膨大な情報を取捨選択し、理解し、活用していくのではない。

紙から液晶ディスプレイに変わったように、液晶ディスプレイから HMD に変わる日が来るかもしれない。しかし、HMD には多くの問題がある。業務での利用を考えると、一番の問題は没入感にあると言える。周りが見えないということは、他者や他の資料が見えないということである。将来の技術的進展により、軽量、ワイヤレス、シースルー、高解像度、ディスプレイ範囲の調整、疲労軽減などが可能となった HMD が普

及すれば、設計事務所の設計室ではみな HMD をつけて業務をしているという未来がやってくるかもしれない。

BIM ツールは何でもできる魔法の道具であるかのように語られることが多いが、実は 3D モデルに基づき効率よく(しかし不完全な!)図面やパースを描くツールでしかないのが現状である。それ以外の何かをやろうとすると、目的に応じて BIM データを活用する仕組みや環境が必要となる。BIM データの活用環境はまだまだ不十分であるが、xR は最も重要な BIM データの活用環境の一つであると言える。BIM データを「つくる」ことに苦心していた時代は終わり、「つかう」時代へと向かいつつある。これからは、ようやく BIM の本領発揮といったところか。

<参考文献>

- 1) 鎌田蒼、大西康伸、「VR 導入による設計会議における施主の意思決定支援」、日本建築学会大会学術講演梗概集(DVD)、建築計画、pp.1063-1064、2019.9、金沢
- 2) 下田玲奈、大西康伸、「区域整備方針策定段階における VR の活用に関する研究」、日本建築学会大会学術講演梗概集(DVD)、都市計画、pp.619-620、2018.9、仙台
- 3) 松尾悌弘、大西康伸、本間里見、「建築情報モデルを活用した 3D 実施設計図書の提案と評価」、日本建築学会第 38 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集(DVD)、pp.19-24、2015.12、東京
- 4) 大倉佑介、大西康伸、「3D 実施設計図書の VR を用いた問題解決に関する研究」、日本建築学会第 40 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集(DVD)、pp.183-188、2017.12、東京
- 5) 仲間祐貴、大西康伸、位寄和久、「継続的利用と情報共有を可能にする建物維持管理支援のための BIM を活用したウェブシステムの開発」、日本建築学会技術報告集、第 22 巻、第 50 号、pp.359-364、2016.2
- 6) 仲間祐貴、大西康伸、位寄和久、「施設維持管理における 3D ビュー活用の利点と問題点に関する研究」、日本建築学会計画系論文集、第 84 巻、第 758 号、pp.1029-1037、2019.4
- 7) 松村貴輝、大西康伸、「VR とモーションキャプチャを利用した施設維持管理情報の閲覧手法に関する研究」、日本建築学会研究報告九州支部(DVD)、日本建築学会大会学術講演梗概集(DVD)、情報システム技術、pp.5-6、2019.9、金沢
- 8) 仲間祐貴、大西康伸、「MR を活用した施設維持管理情報の閲覧支援に関する研究」、日本建築学会大会学術講演梗概集(DVD)、情報システム技術、pp.7-8、2019.9、金沢