

# デジタルツインをもとに建築の可能性を探究する設計空間プラットフォームの構築

## Creation of a design space platform to explore the possibilities of architecture based on the digital twin

○高田 奈緒子 (関東学院大学 大学院) \*1      酒谷 粹将 (関東学院大学 建築・環境学部 准教授) \*2

\*1 Takada Naoko, Kanto Gakuin University,  
1-50-1, Mitsuura Higashi, Kanazawa-ku, Yokohama, Kanagawa, 236-8501, m23j3012@kanto-gakuin.ac.jp

\*2 Sakatani Suisho, Kanto Gakuin University,  
1-50-1, Mitsuura Higashi, Kanazawa-ku, Yokohama, Kanagawa, 236-8501, sakatani@kanto-gakuin.ac.jp

キーワード: デジタルツイン, メタバース, Unity, 設計空間

### 1. はじめに

近年, 人間の拡張された世界としての仮想空間である「メタバース」の概念が広く知られつつあり, 注目を集めている。またその中でも現実世界を仮想空間として構築し, 仮想空間内でのシミュレーションの結果を物理空間に反映させたり, 仮想空間を連動させて様々な情報を物理空間に重ね合わせたりする「デジタルツイン」の技術が多くの分野で応用され始めている。建築分野においてもVRやMR等のデバイスの普及も相まって, 設計段階の建物の3Dモデルを仮想空間に作成し, その外観や内部空間の設計を検討する事例や, BIMによって構築した建物のモデルを建物の完成後の使用や運営管理の中で利用する事例等, 多くの活用事例を挙げることができる。こうしたデジタルツインの活用は, 試作品の製造や試験を行う際のコストの削減や作業期間の短縮などといった建築のプロセスの合理化や効率化だけではなく, 様々なシミュレーションを通して建築の可能性を探究し, これまでにない新しい空間の姿を描き出す建築の価値創造にも大きく寄与するものとしてとらえることができるだろう。

またデジタルツインの技術は専門家の領域だけにとどまるものでもないだろう。近年では建築設計において, 市民参加によるワークショップ等, 地域住民や建築の利用者など必ずしも建築の専門的知識を持たない人たちがそのプロセスに携わる事例が増えている。計画中の建物についての情報を共有し, 今後も関わっていく人々の率直な意見や要望を聞くことで, 専門家たちだけでは見えてこなかった課題や新たな設計のアイデアが生まれたり, 建築への利用者の愛着を生み出したりといった様々な効果が期待されている。しかし建築設計の専門性を持たない人々が建築家から提示された図面や模型からその空間を想像することは難しく, 空間の有り様を想像しながらそこに新たなアイデアを出したり要望や意見を述べたりすることは容易なことではないだろう。

このような状況に対し, デジタルツインの技術を活用し現実空間を再現した仮想空間の中で現実には存在しない設計対象の空間をシミュレーションし, その空間を可視化することができれば, 専門的スキルを持たない人々でもその建

築を体感的に理解することが容易になるだろう。それに加えて, 空間を体験しながらそこでの気づきや想いを随時仮想空間内に置き残していくことができれば, 設計に対する意見や新たなアイデアをより生み出しやすい状況をつくることもできるだろう。

以上のような考えのもと, 本研究では設計対象となる建築空間を仮想空間にモデリングし, 物理空間と連動させたデジタルツインを構築するとともに, 複数の人々がその空間内で自由に歩き回りながら互いに対話を重ね, そこで生まれた意見や要望, 新しいアイデア等を空間の中に残して共有することができる, 設計空間プラットフォームの構築を目的とする。

### 2. 設計空間プラットフォームの構築

#### 2.1. プラットフォームの主な開発環境

本研究では, インターネット環境のもとでWebブラウザを経由してアクセスできるプラットフォームを構築するが, その実装には, リアルタイム3Dコンテンツを制作し動作させるための開発環境であるゲームエンジンUnity<sup>4)</sup>を用いる。図1にUnityの操作画面を示す。Unityは一定の条件を満たせば無料で使用することができ, Asset Storeには無料で使用できるゲーム用の素材や, 機能を実装させるためのプログラミングコードが備わっているため, ゲーム開発初心者でも簡単にコンテンツの制作ができる。本研究で開発するプラットフォームにも, Asset Storeからダウンロードした素材を使用している部分や, 一部分を書き換えたプログラミングコードを使用している部分がある。またWebブラウザを経由して複数の人が個々にプラットフォームにアクセスができる, オンライン通信機能とマルチプレイ機能を実装するために, マルチプレイヤーサービスであるPhotonのPhoton Unity Networking (PUN) というネットワークサービスを利用する。PUNにもUnityと同様に無料版と有料版があり, 同時プレイ人数の成約等の使用の違いがあるが本研究では無料版を使用した。更にプレイヤーの意見やアイデアをオンラインの3D空間内に言葉として残す機能を実装する上では, Google社のGoogleスプレッドシートのサービスを利用し, Unityと連携させ, 空間内の文字データの書き出しや読み込みの機能を実装する。

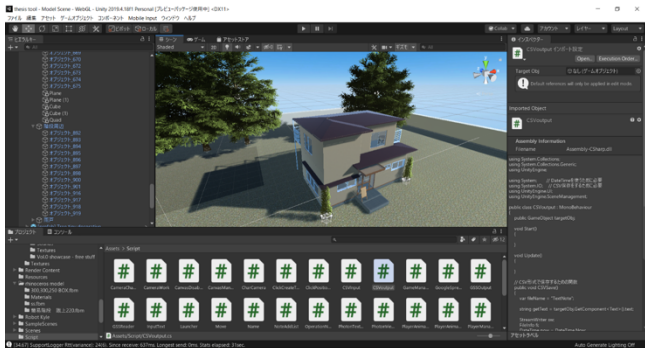


Fig.1 Unity development screen

## 2.2. プラットフォームの実装機能と開発手順

はじめに、プラットフォームにアクセスしたプレイヤーが最初に入るロビー画面を Unity で作成する。プレイヤーが名前を入力するためのオブジェクトと、操作画面に移動するためのオブジェクトをそれぞれ実装する。次に、プラットフォーム内で使用する建物のデジタルモデルを、図 2 にあるように 3D モデリングソフトの Rhinoceros で作成する。本研究では、筆者が所属する研究室で設計・施工・運営等を行っている建築プロジェクトの対象物件を題材にし、その 3D モデルを作成してプラットフォームのケーススタディとして使用する。次に作成した 3D モデルのデータを FBX 形式で書き出し、Unity へインポートする。その際、Rhinoceros で使用した屋根や壁などのマテリアル素材のデータも Unity へインポートすると、マテリアルが自動的に反映される。対象物件の周辺の建物については、今回は国土交通省が主体で行っている「Project PLATEAU」で公開されている 3D 都市モデルを使用する。その後、プレイヤーがプラットフォームを操作するために必要な機能やプレイヤーが操作するキャラクター、その他のオブジェクトは、Unity の Asset Store からダウンロードする、または自身でプログラミングや作成を行い実装する。続いて、プラットフォームにオンライン通信機能とマルチプレイ機能を実装するために Unity と Photon のそれぞれの設定を行い、連携させる。最後に、空間内に設置するメモの内容の保存、書き出し、読み込みを行うために、Unity と Google スプレッドシートを連携させる。Google スプレッドシートには、図 3 に示すようにメモに入力した内容とメモが設置された場所の座標、書いた人の名前、メモが作成された日時、入力された内容の最終更新日時が保存されるよう設定する。図 4 に本節で述べたプラットフォーム開発のシステムの概略図を示す。

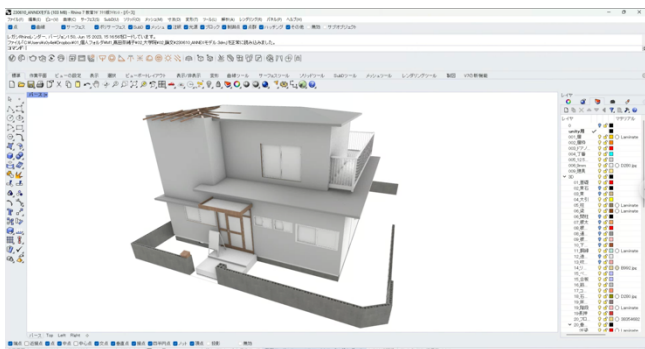


Fig.2 Rhinoceros screen

	メモに書かれた内容	設置場所の座標	作成者名	作成日	最終更新日
1	text	Vector	Name	Created	Last Update
2	遅かったら動き回るとなる	(0.65162, -0.29497, 5.779)	ryuya	2022_1_6_1_25	2022_1_16_0_36
3	右の作りがないので壁か高い壁のメモを戻すしかコメントできない	(9.96792, 0.30, 11.6149)	kogawa	2022_1_8_9_54	2022_1_16_0_36
4	文字を書くときメモを削除を併用してからクリップしてください	(2.44471, -0.32742, 3.79)	ryuya	2022_1_8_10_23	2022_1_16_0_36
5	メモを書くとき Memo に入力してください	(-0.840376, 0.254568, 6.16032)	saki	2022_1_11_22_43	2022_1_16_0_36
6	ペンがにじみだす	(3.21246, 2.79784, 10.9176)	ryuya	2022_1_11_23_3	2022_1_16_0_36
7	F2キー、アンダーが印刷を確認する必要がある	(2.38123, -0.656889, 2.55574)	Jun yanagisawa	2022_1_14_6_44	2022_1_16_0_36
8	操作は思えない。矢印だけの移動は難しいが必要、標準	(3.16059, 0.956889, 2.73008)	Jun yanagisawa	2022_1_14_9_45	2022_1_16_0_36
9	壁が低い	(3.54851, 1.86473, 12.0865)	osakabe	2022_1_14_11_40	2022_1_16_0_36
10	壁の作りを戻すのを忘れるとよくなる。	(11.28, 7.2051, 20.4634)	isikawa	2022_1_14_12_30	2022_1_16_0_36
11	左の方向に平面のマップが欲しい	(-1.5526, -0.656889, 4.96465)	Jun yanagisawa	2022_1_14_15_22	2022_1_16_0_36
12	壁は厚い	(3.25032, 2.3418, 8.16529)	saki	2022_1_14_12_46	2022_1_16_0_36
13	壁の厚さを減らしたい	(-0.585965, 3.05489, 7.7458)	kitamura	2022_1_15_11_54	2022_1_16_0_36
14	壁点を戻すと、Altキーを押さずにでるようになりたい	(1.30889, 0.603367, 14.1174)	okada yuka	2022_1_16_0_21	2022_1_16_0_36
15	パソコン両手人には操作が難しかった。説明書の画面が最初に戻したい	(1.43158, -0.450001, 13.2264)	tanaka ayaho	2022_1_16_0_36	2022_1_16_0_36

Fig.3 Validation data stored in Google Spreadsheet

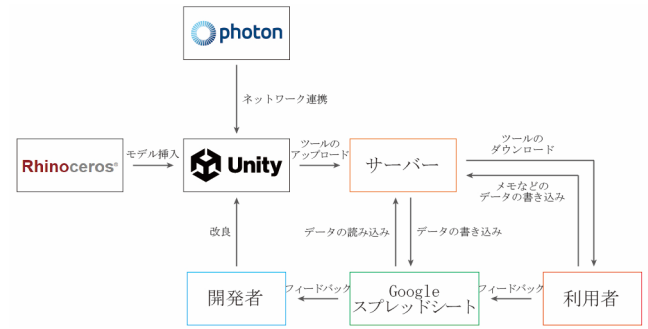


Fig.4 System schematic

## 3. プラットフォームの検証

### 3.1. プラットフォームの操作

開発したプラットフォームを実際に使用してもらい、空間内にメモを設置しプラットフォームの使用感や感想などを自由に書き込んでもらった。主な操作方法は以下の通りである。

プラットフォームを使用するプレイヤーは URL からサーバー上のプラットフォームにアクセスし、図 5 のロビー画面で自分の名前を入力、その後「Play」というボタンをクリックしてしばらくすると図 6, 7 の操作画面に移動する。操作画面では矢印キーかテンキー、または WASD キーを使用し空間内を自由に動き回ることができる。基本的にはプレイヤーの視点は一人称視点だが、左の Alt キーを押している間は三人称視点に切り替えることができる。F2 キーを押して任意の場所を左クリックすると、クリックした場所にメモを設置することができる。メモを設置後に再度 F2 キーを押して、設置したメモをクリックすると文字を入力することができる。画面に表示されている「メモを保存する」というボタンをクリックすると、メモに入力した内容とメモが設置された場所の座標、書いた人の名前、メモが作成された日時、入力された内容の最終更新日時が連携させた Google スプレッドシートに保存される。保存したメモの内容はプレイヤーが Web ブラウザを閉じ、プラットフォームから退出した後も、再度入出する際に自動的にインポートされ、文字内容と併せて保存されている位置情報をもとに空間の中に配置されるようになっているため、他のプレイヤーも設置されたメモを確認することができる。建物内の階段から 2 階に上がることができ、2 階の部屋の窓からバルコニーへ出ることもできる。操作画面から退出する時は、画面に表示されている「退出する」というボタンをクリックするとロビー画面に戻ることができ、そのままブラウザ

を閉じるとプラットフォームを終了することができる。



Fig.5 Lobby screen

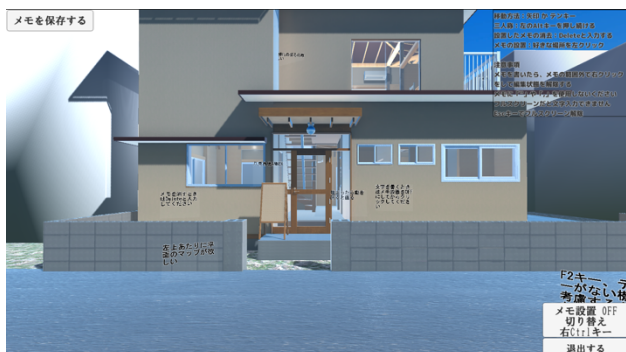


Fig.6 Operation screen 1



Fig.7 Operation screen 2

### 3.2. 検証の結果と評価

検証の結果をもとに、開発したプラットフォームの評価を行った。検証においてはオンラインの 3D 空間内にプラットフォームそのものについての意見を書き残すように使用者らに指示した。検証データを見ると、操作性に関する意見の他に、建物内でのプレイヤーの位置をわかりやすくするために建物の平面図やマップが欲しいという意見があった。そのため、操作画面に Rhinoceros で作成した建物の平面図を表示できる機能を実装していきたい。他にも部屋が暗い、家具をもっと置きたいなど建物のクオリティを求める意見があったため、建物の 3D モデルの改良やレンダリングを始めとする表現方法についても検討を進める必要があるだろう。

## 4. デジタルツインを活用した建築設計の可能性

本研究で開発したプラットフォームは、オンライン空間上で建物内を自由に歩き回ることができ、建築設計に対する意見や要望を空間内に残し他者と共有できるものであ

た。また、同時に複数人がアクセスできるため、複数の専門家が話し合いながら設計を行うコラボレーションによる設計だけでなく、地域住民などの非専門家を含めた参加による設計においても上手く活用することができるだろう。こうしたオンライン空間上の設計空間プラットフォームを用いて、時間や場所に捉われず誰でも気軽に意見の共有ができることは、設計という専門的な行為への参入障壁を下げると同時に、他者の意見やアイデアの背景にある自身と異なる価値観に触れ、発想の幅を広げることにもつながるのではないかと考えられる。

本章では、デジタルツインの技術が建築分野において、こうした建築設計の場だけでなく様々な建築のシミュレーションに活用方法について考察を加えたい。実際に、オンライン空間上の完成品工場や部品工場で行っている建設会社や、都市の 3D モデルを利用して空飛ぶ車の導入方法や飛行ルートのシミュレーションを行っている市役所など、デジタルツインを施工や都市計画の場で活用している例が挙げられている<sup>9)</sup>。こうした活用例をもとに、本論で開発したプラットフォームの新たな使い方の考察と今後の展望を含めた例を以下に示す。

### 4.1. リノベーションのシミュレーション

#### 4.1.1. 空き家の価値探究

空き家の活用の必要性が叫ばれる中で、リノベーションによって空間を再生する事例も多く現れてきているが、四宮ら<sup>6)</sup>は予想不可能な事態がそのプロセスで不可避免的に発生する空き家のプロジェクトの設計段階では、設計や工事を進めながら既存の空間の活用方法を検討する価値探究のプロセスをたどることになると述べている。こうした既存の空間の価値や改修の方法を検討する上で今回構築したような設計空間プラットフォームは大きな役割を果たし、より広く空き家の可能性を探ることができるのではないだろうか。

#### 4.1.2. マンションの価値探究

日本においてはマンション、戸建てとともに新築が好まれる傾向が強く、中古マンションを売りに出す際にもリフォームを行ってから市場に出る場合が極めて多い。一方でそのリフォームは多くの買い手をターゲットとして捉えるため、誰もが一定の満足を得られるような平均的なデザインとなるものがほとんどである。しかしリフォームの前に中古物件がリノベーションされた空間のイメージを明確に捉えることができるのであれば、リフォーム前の中古マンションの価値は高まり、リフォームすることなく市場に流通させることができるため購入してから買い手の希望の即したリノベーションを行うことができるだろう。

### 4.2. 既存空間の利活用の方法検討

設計空間プラットフォームは建築の設計の場面だけでなく、既存空間の利活用の方法の検討にも活かすことができるだろう。市庁舎をはじめとする公共施設やオフィスビル、大学キャンパスの建物など、大規模で複雑な建物であるほどその利用者がその空間を全て使いこなすのは簡単なことではない。その活用のためには様々な人の空間の理解とその利活用のためのアイデアを集める必要があるが、そうした局面においては本研究で構築したプラットフォームを活かすことができるだろう。設計や建設の初期段階からそのプロセスを始められれば、建築を建てた後にそれを使うという建築の一連のプロセスを、両者が入り混じり、柔軟に



状況変化に対応できるものにできるかもしれない。

#### 4.3. 日常としてのワークショップ

最後に市民参加によるワークショップの事例についても考えたい。ワークショップは決められた時間、決められた場所で行うことが一般的であるが、その場合限られた人しかワークショップに参加することができなくなってしまう。そこで、プラットフォームを用いてオンライン空間上でワークショップに参加できるようにすることで、参加者はいつでも空間内を自由に見て回り、案に対する意見を残し他者と共有することができる。オンライン空間上でのワークショップであれば時間や場所の制限がないため、ワークショップの期間を長期間設けることや、期間を定めず日常的に自身のアイデアを多くの人々の対話の場に残し、蓄積していくことも可能だろう。また、建築設計に関するワークショップであれば、図面や模型を使うのではなくこうしたオンライン空間上で空間の体験ができることで、スケール感やリアリティを持って建物の想像ができ、非専門家である参加者は設計者との合意形成が図りやすい状況で設計を進めることができるのではないだろうか。

### 5. おわりに

本稿では、建築の可能性を探究するためのプラットフォームとしてオンライン空間上で自由に動き回ることができる設計空間プラットフォームを構築し、建築設計に対する意見や要望を空間内に残して他者と共有することができる場を制作した。またツールの実装と検証を通して、デジタルツインとしての設計空間を用いた新しい設計の在り方や、時間や場所に捉われない各種情報の共有方法、非専門家でも想像しやすく意見が出しやすい建築空間の提示方法を示し、その活用方法や展望について述べた。今後も、本論で開発したプラットフォームの改良を重ねるとともに、4章で示したような活用方法の中で具体的な検証を行いながら、デジタルツインを通じた建築設計の可能性を探究していきたい。

### 謝 辞

また、本研究で構築したプラットフォームは、森龍也氏（関東学院大学建築・環境学部卒業、2022年3月）が卒業論文「建築のCo-designのプロセスを支えるオンライン対話ツールの構築」において制作したものを発展させたものです。ここに記して謝意を表します。

### 文 献

- (1) 榎田祐一郎（編）：現代思想 九月号 第五〇巻第一号，青土社，2022.09
- (2) 板谷敏正：デジタルツインを活用した建物の見える化，建築雑誌 2021年9月号 1753巻号，2021.07
- (3) 加藤直人：メタバース さよならアトムの時代，集英社，2022.04
- (4) Unity Technologies：Unity 公式ホームページ，<https://unity.com/ja/products/unity-engine>，（参照日 2023.08.16）
- (5) 小宮昌人：メタ産業革命 メタバース×デジタルツインでビジネスが変わる，株式会社日経 BP，2022.10
- (6) 四宮駿介，酒谷粹将，田中義之，千葉学：設計空間と

しての VR における状況との対話のプロセス，日本建築学会計画形論文集，2021.5