

# BIMとクラウド型VRを用いた建築・都市設計支援システム事例報告

○今泉 潤\*1

キーワード：BIM VR 都市計画 計画支援システム クラウド型VR

## 1. はじめに

都市計画や建築設計事業では、構想、基本設計、詳細設計、維持管理など各段階において、関係者の合意形成を進めることが必要になる。

住民参加型の合意形成の場面では、情報提供と関係者の意見把握を目的として、計画支援システムが活用されている。事業段階毎に合意形成を進捗させる計画支援システムを適切に運用することが必要である。

計画支援システムの利用場面について、Michael J. Shiffer<sup>[1]</sup>は、利用者がシステムを利用する場面・時間によって、主に以下の4つに分類している。

- (1) 同じ場所、同じ時間（同室同期型）
- (2) 同じ場所、異なる時間（同室非同期型）
- (3) 異なる場所、同じ時間（分散同期型）
- (4) 異なる場所、異なる時間（分散非同期型）

近年は、VR都市計画支援システムにクラウドコンピューティング技術が用いられている。クラウドコンピューティングの特性として、デバイスや場所を問わず、システムやWebブラウザを使用したアプリケーションを用いてデータにアクセスすることができる。このように、クラウドコンピューティングのインフラ技術、携帯端末での利用は、時間や空間の制限が少なくなっている。

クラウドコンピューティング技術は、地球科学分野やビッグデータの活用など様々な分野で普及している。

クラウド型のVR都市計画支援システムにおいても、さらに多くの利用場面が考えられている。

2011年、福田らはクラウド型VRを用いた計画支援システムを使用し、分散同期型検討会議の実現可能性を議論した。2014年、沈と馬らは都市計画でのオンラインコラボレーションサービスを踏まえて、GOOGLE EARTH、3DVIA、クラウド型VRの技術的な可能性を比較した。2015年、雷は、クラウド型VRを用いた都市計画支援システムに着目した最新事例の考察を行った。

本報告では、最新の事例としてArcbazarを用いた設計コンペの事例を報告し、都市計画支援システムの有効性及び変化について論じる。

## 2. アプローチ

2010年よりクラウド型VR都市計画支援システムを構築し数多くの事例に適用、総合的に活用できた代表的事例を取り上げ報告する。

## 3. 基本構成

都市計画支援システムには、以下の3つの基本機能が必要とされる。

- (1) 計画案の可視化ツール
- (2) 情報提供ツール
- (3) 意見収集ツール

計画案の可視化ツールとしては、UC-win/Road、情報提供及び意見収集ツールとしては、VR-Cloud®を利用している。UC-win/RoadとVR-Cloud®の各機能について説明する。

UC-win/Roadは、都市計画、建築計画のコンセプトを可視化し、迅速に直感的に表現、伝達することができ、BIM/CIMの3Dモデルデータの連携や、交通/景観/建築環境/日照/風/騒音/浸水/津波/避難などの各種解析結果データとの連携と可視化を簡単に行える。さらに、文字、画像、映像、音声などのマルチメディアデータを読み込み、表現することができる。

VR-Cloud®では、VR-Cloud®クライアント（以下、クライアント）がインストールされた端末を使用し、インターネット経由でクラウドサーバにアクセスできる。サーバには、UC-win/RoadのVRデータが設置されており、クライアントの要求に応じて3Dコンテンツが送信され、クライアントのウィンドウ上に映像が描画される。

ここで生成される映像は圧縮、HTTP経由で伝送され、クライアント側で再描画される。この仕組みにより、インターネット環境さえあればシンクライアントでも大規模なVRデータを閲覧・編集することができる。また、「3D掲示板機能」や「注釈機能」「景観評価機能」等を使ったコミュニケーションも可能である。このように、充実した設計コンセプト情報と意見交換がリアルタイムで行える。これらの技術を用い、クラウド型VRを都市計画策定プロセスに活用している。

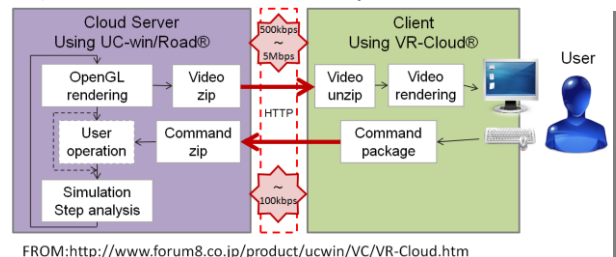


図1 VR-Cloud®の仕組み

#### 4. 事例

##### 4-1. 3Dデジタルシティの分散非同期型VRシステム

クラウド型VR都市計画支援システムを使用し、定期的に都市の一部の現状・将来像や、各シミュレーション及び解析結果を可視化したコンテンツを、インターネット経由で情報提供などを行っている。3Dデジタルシティとして世界各国の3DVRデータ、津波解析データ、ドライブシミュレータデータの公開が2011年から行われている。

PCの場合はwebブラウザ上のリンクから、携帯端末の場合はwebブラウザ上のリンクまたはQRコードによりアクセスができる。アクセスすると、デバイスにインストールされたVR-Cloud®クライアントが起動しサーバへの接続、コンテンツが表示される。また、リンクからではなく、VR-Cloud®クライアントからも、現在展開中の3Dデジタルシティ一覧が表示されアクセスできる。

表 1 公開データ事例

データ名	公開日	データ概要	カテゴリ
3Dデジタルシティ：ミャンマー	2017. 04. 10	ラウンドアバウトと渋滞する交通を表現。ライトアップされたシュエダゴン・パゴダを表現。	交通・照明
3Dデジタルシティ：南砺	2016. 01. 06	富山県南砺市にある五箇山、瑞泉寺、合掌造りの屋根構造や建物内部まで詳細に再現。	景観・建築内観
首都高速道路4号新宿	2012. 04. 19	首都高速道路4号新宿線高井戸から都心環状線の谷町JCTまでの約15kmの区間をドライブ可能。	走行シミュレーション
xpswmm津波解析データ	2012. 04. 12	岩手県釜石市沿岸部1km程度の建物密集地を作成し、津波解析結果、建物、道路、避難誘導サイン等を表現。	景観・津波解析

初期画面では、操作権を持っていないので、画面の左上部のアイコンで操作権を取得する。ここで操作できる内容は以下の7つとした。これらは、基本機能として、後述の事例でも共通して使用している。

- (1) VR空間の自由移動
- (2) 登録された視点への移動
- (3) 道路の走行
- (4) 車の運転
- (5) ルート飛行
- (6) 空間内の歩行
- (7) 自動プレゼンテーション

本事例は、分散非同期環境のシステムと言える。公開データの運用の事例から、クラウド型VRを用いた都市計画支援システムの可視化ツールと情報提供ツールとして、通常のWebサイトを通して、ユーザが気軽に利用可能であることがわかった。

本事例では、データを公開しユーザに閲覧してもらうことが目的のため、積極的な意見収集は行っていない。

##### 4-2. 小中学生VRまちづくりセミナーの分散同期型プレゼンテーションシステム

本システムは、2014年から定期的開催されている「ジュニア・ソフトウェア・セミナー」で使用したシステムである。本セミナーは、ソフトウェアに興味のある小中学生たちに、授業外研究、学習課題のテーマにVRを使用する機会を与えるために、1.5日間のワークショップを実施した。1日目は、各地の小中学生は3次元空間の作成手順の説明を聞きながら、実際にPCで作成体験を行った。2日目は、小中学生自身が課題を設定しVRデータを作成し、サーバにデータをコピーし、順次クラウド型VRを用いて自分の作品のプレゼンテーションを行った。

日本の数か所のセミナー会場をWEB会議システムで繋ぎ、画面と音声を共有、各地の小中学生が東京会場の講師よりVR都市の作成方法を学ぶことで、短時間でVRの都市空間を作成ができた。



図 1 遠隔プレゼンテーションの様子

クラウド型VRを通して、小中学生たちは他会場の参加者が作成したVRデータを同時に確認した。他の参加者が作成した都市モデルの優れたポイントやユニークな発想から学んだことを、自分のVRデータに反映するケースもあった。ある学生の一つのアイデアが分散して他の複数のデータに取り入れられ、個々のデータも複数の学生たちからのアイデアにより変化した。

本分散同期の事例から見ると、クラウド型VRを用いた都市計画支援システムによって設計段階で複数の関係者・設計者による迅速な合意形成ができた。関係者・専門家が計画地や協議地から離れている場合や、多忙である場合、このような分散同期型会議の実施によって、関係者・専門家の参画機会が得られると考えられる。

また、迅速なデータ修正ができる点から見ると、分散同期型会議を実施途中で意見の可視化・コンセプトの追加が可能であり、設計段階の合意形成の向上及び効率化・迅速化に効果がある。同様に、構想段階の住民説明等も同じ効果があると推定される。更に、設計段階の合意形成の効果を向上させるため専用のクラウドサーバの使用が効果的であると考えられた。

#### 4-3. BIM/VR学生デザインコンテストの審査システム

「学生BIM&VRデザインコンテストオンライン」では2014年から、クラウド型VRを活用した、審査員及び不特定の参加者が全作品をレビュー・評価できるシステムを採用している。

本デザインコンテストは、BIM/CIMおよびVRの活用により、先進的な建築、橋梁、都市、ランドスケープのデザインを行なう学生を対象とした国際コンペティションである。テーマに対して計画、設計、シミュレーションなどを実施し、総合的なデザインをVRデータとポスターで表現した作品を審査委員会が評価する。

審査システム（図 2）では、約30作品のポスターが、クラウド型VRによりアクセスできる展示用仮想空間に並べられ、作品のアイコンをクリックすると作品パネルが表示され、作品タイトル・説明・コメント・VRデータへのリンクが表示される。2016年からは作品一覧とリンクのリストも併用されている。リンクから作品のクラウド型VRデータを起動して、前述した分散非同期システムと同様に閲覧・操作することができる。



図 2 審査システムの仕組み

本審査システムは分散非同期のノミネート審査及び同室同期の最終審査の2回にわたって利用された。

ノミネート審査期間は1週間であった。4人の審査員がVR-Cloudインストール済みのデバイスを用い、任意の時間、任意の場所から専用IDでクラウド型VRデータにアクセスし評価を行った。評価方法としては、審査員から点数とコメントを付ける方法とした（図 3）。審査員と同じく、参加学生も専用IDを用い、仮想展示室でクラウドVRデータを自由観覧でき、他チームに評価点数を付けられることとした。

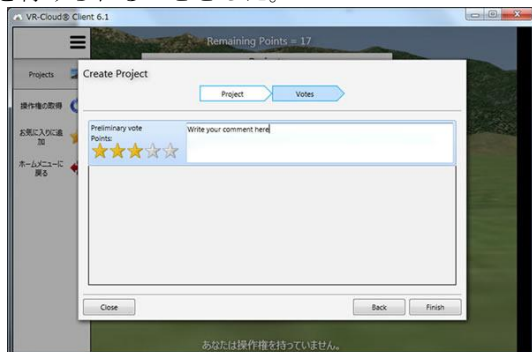


図 3 評価画面

ノミネート審査期間終了後、点数の上位約12チーム（開催回で異なる）で4人の審査員による同室同期での最終審査が行われた。

最終審査は、図 4のように会場で参加者が審査員に対するプレゼンテーションと質疑応答を行う形で進められた。審査員はクラウド上でディスカッションを共有しながら投票を行った。

本事例では、クラウドVR型都市計画支援システムを用いて、分散非同期のノミネート審査と同室同期の最終審査は同じシステムが使用されていた。参加者がこの都市計画支援システムを有効利用し、多様な観点から複数計画案の比較評価を行い、最適案を選別した。



図 4 最終審査の様子

#### 4-4. Arcbazarによるオンライン国際コンペシステム

建築設計デザインコンペのクラウドソーシングサイトArcbazarは、Webサイトを通して施主自身がプロジェクトの説明やスケジュール、賞金等を設定し、コンペを開催、複数の設計者による案を募集、案の評価、作品の選定が可能なシステムである。

Arcbazarのシステムを利用し2016年2月から開催された「仮想オバマ記念館コンペ」では、Arcbazarのシステムに接続する形で、クラウド型VRが募集および審査過程に取り入れられた。

Arcbazarのシステムでは、施主がコンペ募集の募集要項や図面、写真などのデータをサイト上で公開し、登録した建築家・デザイナーがそれらをもとに作品を創作、サイト上にアップロードする。各応募作品は、コンペのサイト上に自動的にページができ、主に図面やパースなどで表現される。審査員は施主が招待でき、本コンペでは世界中の著名な建築家など29名がオンラインで審査を行った（図 5）。

順位	プレビュー	Arc番号	ポイント数	報酬	特別賞	家族・友人	一般投票
1		254	9800	-	[1*]	[3*]	+
2		961	3300	-	[2*]		+
3		910	1100	-		[2*]	+
4		117	-				+
5		21	-			[1*]	+
6		983	-				+

図 5 Arcbazarの審査、集計画面

募集段階では、図面などのデータとともに、対象敷地のVRデータの閲覧に使用された。建築家・デザイナーは世界中から参加するため、アメリカ、ボストンにある対象敷地に容易には現場見学には行けない。クラウド型VRデータを利用することで、建築家・デザイナーは、アイレベル、俯瞰など様々な角度から敷地及び周辺環境を確認することができ、敷地調査を代替的に経験した。

次に審査段階について説明する。まず、世界中から296のエントリー、33作品の応募があった。そこから第一段階の審査が行われ、最終審査に12作品が選定された。最終審査に進んだ応募者から、希望者はVRによるプロジェクトの表現を行うことができた。提出された建築計画の3Dモデルデータを、募集段階でも利用した対象敷地のVRデータに配置し、自動プレゼンテーションが設定され、VR-Cloud®を利用したサーバによって公開された。自動的に生成された各応募作品のページには、VR-Cloudというリンクが追加され、そこから、VRデータへのアクセスが可能となった(図6)。審査員は、最終審査段階で、オンライン上でVRデータを閲覧、操作し、図面やパースだけでなく、体験的に応募者による作品アイデアを審査し、最終的な入賞案が決定された。

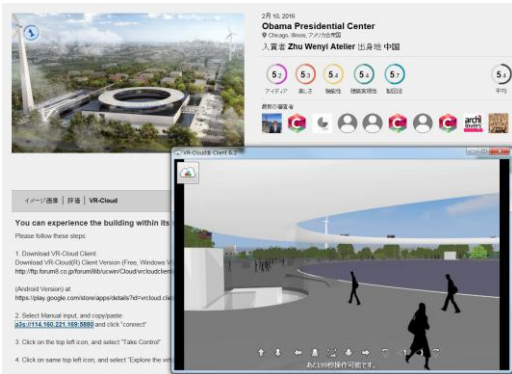


図6 Arcbazarの作品ページからのVRデータ表示

本事例では分散非同期のクラウド型VRシステムと、Wクラウドソーシングを連携した。クラウドソーシングという手法により、世界中を対象とした不特定多数のユーザが参加し、クラウド型VRを体験することとなった。

Arcbazarは、世界中に開かれた民主的な評価方法であり、スピーディに多くの案を集められ、結果的に計画の品質が向上するという基本的なコンセプトがある。

連携により、合意形成効果の向上と効率化が加速することで、民主的な評価に大きく寄与することがわかった。また短期間で多くの案を体験的に審査するというのもこれまでになかったことである。

また、応募、審査、評価選定後も、作品は公開され続けている。分散非同期型システムとして、集中的な審査段階だけでなく、その後の情報公開、意見収集に継続的に同じクラウド型VR環境を使用できることが明らかになった。

## 5. 考察

各種事例を通して、クラウド型VRを用いた都市計画支援システムは、同室/分散及び同期/非同期を問わず、全ての利用場面に活用できることがわかった。

共通した導入効果としては以下が挙げられる。

### (1) 合意形成の効果の向上

計画案の充実及び解析結果の可視化による計画案の明瞭化により、住民は計画案に対する理解度が上がる。

さらに、専門家の参画機会が増加することから、計画案の社会面・構造面・環境面などの様々な観点から総合的に検討を容易に行え、計画案の品質が向上する。

### (2) 合意形成の効率化

利用者間のコミュニケーションは、いつでも、どこでも気軽に行えるようになる。設計者が住民参加によるフィードバックを簡単に収集できる。住民が簡単に計画案を理解し意見を提出できる。

### (3) コスト削減

自動プレゼンテーション機能や、VR-Cloud®サーバによる一元管理により、システムの運営にかかる労力を最小限に抑えることができる。全て24時間起動し、担当者一人で一日2回定期的に動作チェックなどの日常維持管理を行っているのみである。

他にも、専用のクラウドサーバの使用は、作業用PCをサーバに用いるより時間とコストがかかるが、クラウド型VRの通信遅延や映像品質等の問題の抑制に効果があることが確認された。

また、ソフトウェア的には、VR-Cloud®が、使用ツールやインターフェースのカスタマイズ、4-3で紹介したようなリスト機能などの開発が可能であり、拡張性を持っていることがわかった。さらに、報告した事例では、Webサイトからのリンク、遠隔プレゼンテーションシステム、クラウドソーシングサイトとの連携を行った。

以上から、目的に応じ、クラウド型VRを他の技術やソフトウェア、メディアと組み合わせることで、利用可能性が広がることが考えられる。

## 参考文献

[1]Shiffer, M. J., (1995) "Multimedia Representational Aids in Urban Planning Support Systems", in Marchese, F. (ed.), Understanding Images, (New York: Springer-Verlag), pp.77-90.

[2]Lei Zhenhan Shimizu Shuntal Ota Natuskal Ito Yuji Zhang Yuesong, (2015) "Construction of Urban Design Support System using Cloud Computing Type Virtual Reality and case study", International Review for Spatial Planning and Sustainable Development

\*1 株式会社フォーラムエイト 修士(工学)