

景観検討を対象としたクラウドコンピューティング型 VR による 分散同期型検討会議の実現可能性

CAPABILITY OF A DISTRIBUTED AND SYNCHRONIZED DISCUSSION BY USING CLOUD COMPUTING TYPE VR FOR TOWNSCAPE DESIGN

福田知弘*, 田口正晴**, 清水彩子**, 孫 磊***
*Tomohiro FUKUDA, Masaharu TAGUCHI, Ayako SHIMIZU
and Lei SUN*

The mobility of people's activities, and cloud computing technologies are becoming advanced in the modern age of information and globalization. This study describes the capability of discussing townscape design while sharing a 3-dimensional virtual space with stakeholders in a distributed and synchronized environment. First of all, a townscape design support system based on a cloud computing type VR system is constructed. Next, an experiment of a distributed and synchronized discussion of townscape design is executed with examinees who are specialists in the townscape design field. The conclusions are as follows: 1. Users who use VR frequently and who use videoconferencing consider that the difference with face-to-face discussion is small. 2. The capability of distributed and synchronized discussions in the townscape design field is high.

Keywords : townscape design, distributed and synchronized environment, communication, cloud computing type VR

景観計画, 分散同期型環境, コミュニケーション, クラウドコンピューティング型 VR

1. はじめに

1.1 景観まちづくりにおける視覚化手法

景観まちづくりでは、事業者（行政、民間開発業者）、設計者（建築家、都市計画者、エンジニア）、近隣住民、利用者、一般市民などの多様な主体と連携しながら合意形成を図り、景観整備計画を立案する必要がある¹⁾。参加主体には、専門性、知識レベル、参加度合いに差が見られることが一般的であり、検討会議においては景観整備計画の内容をわかりやすく伝達することが求められる。景観は 3次元空間を扱うものであり、一般の検討会議で使用される言葉、文字、図表に加えて、古くから模型、スケッチ、モニタージュなどの視覚化手法が用いられてきた。また、コンピュータ技術の急速な発展により、3DCG (3-Dimensional Computer Graphics)、VR (Virtual Reality) などが開発され、実用化がみられる²⁾³⁾⁴⁾。

検討会議は伝統的に「同じ場所・同じ時間（同室同期型）」で実施されてきたが、国際化、情報化の時代に入り、人々のアクティビティは多様化、流動化している⁵⁾⁶⁾。そのため、空間・時間の制約条件下においても検討会議を実施して、主体同士がアイデアや意見を交換したり、合意形成を図る取り組みがはじめられている。具体的には、情報通信技術の発展を背景とした、電子メール、デスクトップ会議システム、CMS (Content Management System) など、文字、図表、画像、動画像、3次元データをインターネット経由で共

有して、同じ時間（同期）または異なる時間（非同期）状態で実施するコミュニケーションである⁷⁾⁸⁾。

1.2 空間・時間の制約条件下での 3次元仮想空間共有の現状

PC 上に描画する 3次元仮想空間をインターネット経由で共有可能なシステムは、空間・時間の制約条件下において、参加主体が視点を移動させながらあらゆる角度から検討したり、設計対象に変更を加えるような操作を直接行える。そのため、1.1 節で述べた共有内容を更に進めて、検討会議を深化可能にする期待が持てる。

後述する既往研究では、空間・時間の状態として「異なる場所・異なる時間（分散非同期型）」を扱ったものが多い。この理由として、分散非同期型が伝統的な同室同期型の対極に位置するため、参加主体が空間・時間の制約を気にすることなく検討を実施したり発言したりするコミュニケーション機会の拡張を追究しているためであろう。例えば、長野ら⁹⁾は、インターネット上で操作可能な VR を基盤としたマルチメディア（文字、写真、動画、VR、pdf）を用いた住民の意見収集、ワークショップや委員会の過程・結果等の情報公開が可能なシステムを開発している。開発したシステムは、「異なる場所・異なる時間（分散非同期型）」だけでなく、電子キオスク的利用のような「同じ場所・異なる時間（同室非同期型）」にも活用可能であると報告している。大西ら¹⁰⁾は、三次元建物 BIM モデル及び部材情報をウェブ上で表示し、施主と設計者間でやりとりされる要

* 大阪大学大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻
准教授・博士(工学)

** 大阪大学大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻
特任研究員

*** 大阪大学大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻
博士後期課程・修士(工学)

Assoc. Prof., Division of Sustainable Energy and Environmental Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University, Dr. Eng.

Researcher, Division of Sustainable Energy and Environmental Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University

Doctoral Program, Division of Sustainable Energy and Environmental Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University, M. Eng.

望、意見、提案、説明などのコミュニケーション情報を連動表示できるシステムを開発している。筆者ら¹¹⁾は、設計案が表現された仮想空間に浮かぶ3Dアイコンにコメント等をリンクするシステムを開発している。一方、これらのシステムはいずれも非同期型であり同期型を指向したものではない。

「異なる場所・同じ時間（分散同期型）」を指向した既往研究として、マルチユーザー環境であるBlaxxun Community Serverを用いて景観検討支援システムを開発した研究が見られる¹²⁾。開発した機能には、代替案表示機能、VR空間の同期機能、Chat機能がある。本研究の参考となるVR空間の同期機能に着目すれば、分散環境で同一の時間に集まった時に、参加者がインターネット上のVR空間を共有し、あるユーザが指定した建替え案の変化を同期的に共有できる機能である。しかしながら、視点を同期する機能を有していないため話し手の視点を聞き手が共有しながら説明を受けることは不可能であること、80名の学生を対象としてシステムの定量的評価を実施しているものの、実用化を鑑みた専門家評価は収集できていないことなどの課題が残る。また、マルチユーザー環境において分散同期型を実現するには、3次元仮想空間を描画するためにクライアント側に高性能なPCが要求されるだけでなく、3次元仮想空間を同期させるための通信速度等の課題が存在すると考えられる。そのため現状においては、3次元仮想空間を分散同期型検討会議で実施した報告は些少であるものの、ブロードバンド環境の整備やクラウドコンピューティング技術の更なる発展により、近い将来、それらの制約は軽減されると考えられ、分散同期型検討会議に関する知見の収集が待たれる。

1.3 研究の目的と方法

そこで本研究では、分散同期型環境において、参加主体が3次元仮想空間を共有しながら、景観まちづくりに関する検討会議の実現可能性について、専門家の意見を通じて抽出することを目的とする。

研究の方法として、まず、本研究で分散同期型検討会議の基本システムとなるクラウドコンピューティング型VRシステム（以下、クラウドVR）について述べる（2章）。次に、街路景観検討用のクラウドVRを構築し実験用プロトタイプシステムとした上で、景観まちづくりの専門家を実験協力者として景観計画検討会議の模擬実験を実施する（3章）。実験後、通信伝送により生じる遅延や映像の質の変化に対する影響、同室同期型会議との違い、実際の景観まちづくりの現場での実現可能性についてアンケート調査し、使用可能性を考察する（4章）。

2. クラウドVR

本研究では、分散同期型検討会議での3次元仮想空間共有システムとしてクラウドVRを採用する。クラウドVRは、クラウドサーバ上にインストールされたVRアプリケーション及びVR上で表現される3Dコンテンツを、クライアントPCの要求に応じて通信伝送し、クライアントPC上に描画させるシステムである。クライアントPCでは、Adobe Flash（以下、Flash）上で動画再生となるが、VRが資するべき対話性を備えている¹³⁾。すなわち、クラウドサーバ接続後、クライアントPC上でマウス、キーボード等から操作コマンドが入力された場合、入力内容はクラウドサーバへ伝送され、クラウドサーバ上で要求に応じた3Dコンテンツが再作成され、

クライアントPC上に再描画される。通信プロトコルにはHTTP（Hypertext Transfer Protocol）を使用しており、映像の転送はFlash対応のH.263形式で行う。解像度および圧縮品質はクライアントPC上で設定可能である。クライアントとの接続が遅い場合にはフレーム更新レートを自動的に低減する。

本研究でクラウドVRを採用した理由を以下に示す。

- 1) 一般に、3次元仮想空間を共有するためにはクライアントPCに高性能なグラフィックス描画性能が要求される。景観まちづくりの参加主体が使用するPCは高性能なグラフィックス描画性能を持ち合わせていないことが多く、新たな高性能PCの導入は予算面から困難な場合が多い。一方、クラウドVRはFlashとインターネットが動作すれば3次元仮想空間を共有可能である。すなわち、参加主体が通常使用しているPCで使用可能である。
- 2) クラウドVRは、分散同期型検討会議で求められる同期的共有が可能である。すなわち、あるユーザが入力した操作コマンド（視点、代替案、各設定）を、他のユーザが同期状態で共有することが可能である。このような、クライアントPC上で3Dグラフィックスを描画せずに3次元仮想空間を分散同期させる他の方法として、Skypeをはじめとするテレビ会議システムの画面共有機能を使用することも考えられる。しかしながら、VRのように画面更新が頻繁に行われる動画像の場合、描画の遅延や省略、画質低下の増大が課題として残る。
- 3) VRアプリケーションのバージョンアップや、景観検討の過程での3Dコンテンツのバージョンアップは頻繁に生じる。全ての参加主体が同じバージョンを共有することが必要とされるが、手間がかかる上に使用中のバージョンの確認が困難である。クラウドVRは、VRアプリケーションやコンテンツのバージョンをサーバ側で一元化管理することが可能であるため、バージョンのずれや管理の手間は削減できる。

3. クラウドVRを用いた街路景観検討実験

3.1 実験方法

実験の概要を表1に示す。本研究では、分散同期型環境において話し手と聞き手が2名1組となり、クラウドVRを用いて街路景観検討会議の模擬実験を行う。計画内容を説明する話し手は筆頭筆者とし、計画内容をレビューする聞き手は景観まちづくりの専門家である実験協力者23名とした。

実験で用いる景観検討対象について述べる。本研究では山口県下関市で計画中の街路整備事業を対象として、景観検討用クラウドVRコンテンツを作成した。この地区を対象とした理由として、実験を実施する筆者らが参加している計画であるため、景観検討課題や対象地の状況が明確であり信頼性の高い模擬実験を実施できることが挙げられる。景観検討課題について述べると、対象地は下関市中心部に位置する商業地であるものの人口減、来訪者減、低未利用地化が進行しており、再生が求められている。街路に着目すれば、老朽化したアーケードによる危険な歩行環境、電線・電柱の存在による景観の乱れなどが現状の課題である。そこで、「歩きたくなる、回遊したくなる街」を実現するため、アーケードの撤去と電線地中化を実施した上で、街路幅員（15m）において車道幅員と歩道幅員

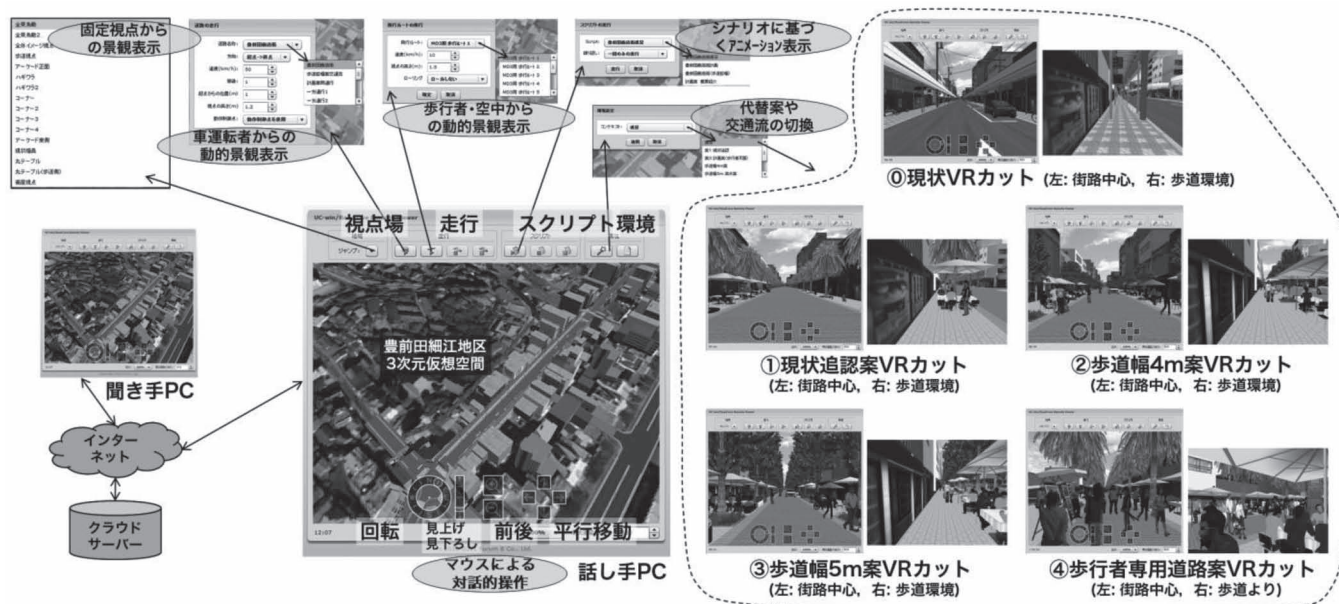


図1 クラウドVR上に構築した実験用プロトタイプ^{注1)}

表1 実験概要

実験日	2011年2月9日(水)～3月2日(水)
実験時間	25～90分(準備期間 ^{注2)} を除く。3.2節i)～iii)は実験協力者共通で約25分。iv)は実験協力者に依る)
被検者	景観まちづくりの専門家 10組織 23名
検討対象	山口県下関市で計画中の街路整備事業(山口県下関市豊前田1丁目, 2丁目および細江町1丁目の一部。面積約2.7ha, 街路幅員15m, 街路延長約350m)
調査方法	クラウドVRを用いた景観計画検討会議の模擬実験の後, メールにてアンケート調査票配布, 回収 ^{注3)}
調査項目	0) 個人属性 a) クラウドVRの通信遅延による会議進行への影響 b) クラウドVRの映像質の会議進行への影響 c) 同室同期型検討会議との差 d) 実際の景観まちづくりでの使用可能性
回収数	22部(95.7%)
個人属性	1) 性別: 男性19名(86.4%), 女性3名(13.6%) 2) 年代: 20歳代8名(36.4%), 30歳代7名(31.8%), 40歳代7名(31.8%) 3) 住所: 大阪府9名(40.9%), 兵庫県8名(36.4%), 東京都2名(9.1%), 滋賀県2名(9.1%), 千葉県1名(4.5%) 4) 職属性: 公務員8名(36.5%), 財団法人2名(9.1%), 建設/まちづくりコンサルタント3名(13.6%), 建築設計事務所1名(4.5%), 建設会社2名(9.1%), IT系1名(4.5%), 教育・研究機関3名(13.6%), 学生2名(9.1%) 5) VR使用年数: 初めて5名(22.8%), 1年以内11名(50%), 1～3年1名(4.5%), 3～5年3名(13.6%), 5年以上2名(9.1%) 6) VR使用頻度: ほぼ毎日1名(4.5%), 週に1度2名(9.1%), 月に1度5名(22.7%), 半年に1度1名(4.5%), 年に1度5名(22.7%), 年に1度より少ない2名(9.1%), 無回答1名(4.5%), 使用経験なし5名(22.7%)

の再構成を検討する。そこで街路整備計画案として、現状追認案(歩道幅3.5m)、歩道幅4m案、歩道幅5m案、歩行者専用道路案を設計する。各街路整備計画案の特徴は3.2節に詳述するが、歩行環境向上のための装置であるパラソルセットや街路樹は歩道幅員に応じて変更する。この景観検討を実現するために作成した3Dモデル(形

状、色、テクスチャ)は、街路整備対象地区では街路(現状、各街路整備計画案)及び沿道の建物を、対象地区の周辺では地形10km四方、ランドマーク建物(海峡ゆめタワーなど)、土木構造物(歩道橋など)である。

会議の内容として、話し手は現状の課題を説明した後、各街路整備計画案について、街路の中心位置からの景観、及び、歩道環境を説明する。街路の中心位置からの景観を説明する際には、中心線に沿って約200mウォークスルーさせる。歩道環境を説明する際には、歩道上を約200mウォークスルーさせる。車道幅員の増減に伴い、車の通行状況も変化するため、交通流の表示も行う。聞き手は話し手の説明を聞いた上で、適宜クラウドVRを操作しながら質問を行い議論する。

このような検討会議を行うため、クラウドVRには、固定視点場切替機能、ウォークスルー機能、街路整備計画案切替機能などが必要となる。実験用プロトタイプが具備する操作メニューは下記の通りである(図1)。

■ 画面上部の操作メニュー

各操作メニューを選択すると、視点やプランなど予め登録された内容が表示されるメニューである。

- ・ 視点場—主要な固定視点場からの景観表示。
- ・ 走行—道路の走行: 予め経路設計された道路上の走行。速度や視点の高さ等の変更が可能。
- ・ ルート—歩行: 予め経路設計されたルートの歩行、飛行。「道路の走行」メニューで対象となる車道以外が対象となる。速度や視点の高さ等の変更が可能。
- ・ スクリプト: 予め設定されたシナリオに沿ってアニメーション再生。テロップ等の表示が可能。
- ・ 環境—コンテキスト: 予め登録されたプランの選択表示。現状、街路整備計画案(現状追認案(歩道幅3.5m)、歩道幅4m案、歩道幅5m案、歩行者専用道路案)など。

—一般設定：交通流（自動車の流れ）の表示／非表示。

■ 画面内部の操作メニュー

各操作メニューを選択すると、インタラクティブな操作で視点変更を行うことができる。

- ・ 回転（パン）：コンパスのようなアイコンを用いて視点の横方向の向きを変更する。
- ・ 見上げ見下ろし（ティルト）：視点の上下の向きを変更する。
- ・ 前後（ウォーク）：「+」アイコンをクリックすると前進、「-」アイコンをクリックすると後退する。
- ・ 平行移動：矢印アイコンをクリックした向きに平行移動する。

尚、既存の VR システムでは新たな景観検討モデルの配置や編集を実行する機能を備えているものがあるが¹⁴⁾、クラウド VR では未実装である。そのため、模擬実験の内容として予め用意された4つの街路整備計画案に対して主要な静止視点場やウォークスルーによる動視点場から検討することや、各街路整備計画案を切り替えての比較検討を中心とする。

実験に用いる PC について述べる。2 章で記述したとおり、クラウド VR は Flash とインターネットが動作すれば 3 次元仮想空間を共有可能であることから、実験協力者が通常の業務に使用している PC とした。よって、PC の仕様は多様であるが、最低水準の仕様として、CPU は Intel PentiumM、RAM は 480MB、VRAM はオンボードタイプ、画面解像度は 1024×768 pixel、OS は Windows2000 である。これらはクラウド型 VR の動作環境として問題ないことを確認した。尚、クラウド VR の表示解像度は 800×600 pixel である。

実験時のコミュニケーション環境について述べる。まず、音声通話は実験を行う上で必須であるが、その方法は電話が 19 名 (83%)、Skype が 4 名 (17%) となった。電話を使用した場合、片手に受話器を持つ必要があるため、準備段階で Skype 等のビデオ会議を打診したが、大半は職場で使用している PC に新たなソフトウェアをインストールすることは不可能であった。また、最終的に電話を使用した実験協力者の内 2 名は、準備段階では Skype の使用を予定していたが実験時に Skype システムの音声の不調となり、結局電話で実施した。次にビデオ通話は 6 名が実施した。これは、音声通話方式で述べた Skype による音声通話者と、電話利用者の内 Skype システムの音声の不調となった 2 名を加算した人数である。

3.2 実験フロー

街路景観検討実験のフローについて述べる。

- i) 話し手が実験の趣旨を説明する。
- ii) 話し手がクラウド VR の操作メニューを説明する。この際、対象地域の現状特性を聞き手に説明するため、現状の 3D コンテンツを表示させる。
- iii) スクリプトによる計画概要説明の後、話し手が豊前田細江地区の街路整備計画案の内容を順次説明する。街路整備計画では、環境向上を目指し、街路樹に加え沿道の店舗が運営するパラソルセットを歩道上に常設することを検討する。各街路整備計画案を説明する際の視点について、まず街路の中心位置からの景観を「視点場」機能を用いて固定視点場から表示させた上で、地区西側入り口から道路中心線に沿って約 200m ウォークスルーさせる。次に、歩道環境を説明する際の視点

について、地区西側入り口より歩道上を約 200m ウォークスルーさせる。これらのウォークスルー操作は、各実験協力者に対して同一とするため、「ルートの歩行」機能を用いて予め経路設計した歩道上を自動歩行させた。一方、説明中に聞き手からの質問があった場合には「パン」「ティルト」「ウォーク」などの機能を用いて適切な視点場に移動して説明した。

- ① 現状追認案（歩道幅 3.5m）：現状からアーケード撤去及び電線を地中化（電柱撤去）した上で、歩道幅を現状維持とする案（車道幅 8m）。パラソルセットの設置と十分な通行幅（2m）の確保を両立させるためには、狭小なパラソルセットしか設置できない。車道は現状同様相互通行である。
- ② 歩道幅 4m 案：現状からアーケード撤去及び電線を地中化（電柱撤去）した上で、歩道幅を 4m とする案（車道幅 7m）。十分な通行幅（2m）を確保した上で、4 人掛けのパラソルセットを配置することができる。車道は現状同様相互通行である。
- ③ 歩道幅 5m 案：現状からアーケード撤去及び電線を地中化（電柱撤去）した上で、歩道幅は 5m とする案（車道幅 5m）。十分な通行幅（2m）を確保した上で、8 人掛けのパラソルセットを配置することができる。車道は相互通行とするには管理者協議が必要であり、一方通行化となる可能性が高い。
- ④ 歩行者専用道路案：歩道幅 5m 案を車両進入禁止として歩行者専用道路とする案。イベント時など不定期での使用を想定しており、車道上にフリーマーケットや展示物などが並ぶ。

- iv) 説明終了後、聞き手がこれまでの説明内容を受けて、クラウド VR を操作しながら景観計画や VR に関して自由討論を行う。この際には、iii) の説明に用いた、「視点場」「ルートの歩行」機能に加え、「パン」「ティルト」「ウォーク」機能を使用した。

実験風景を図 2 に示す。実験協力者の操作状況を観察すると、「ウォーク」機能を用いた場合に、実験協力者が目標とする地点に中々辿りつけないという問題が散見された。これは、一回のクリックに対する移動量が適切でないためであり、「ウォーク」機能の改善が必要である。その他の機能は操作上の問題は見られなかった。

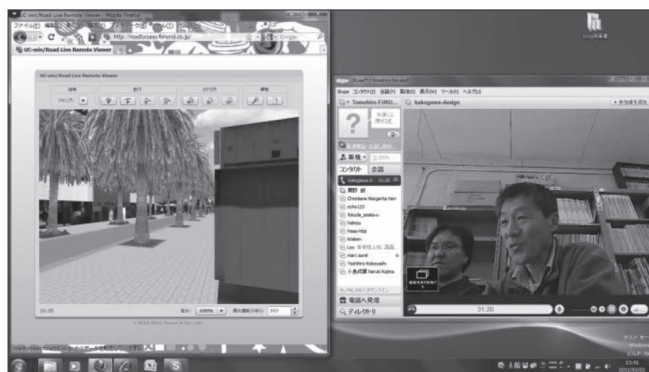


図 2 実験風景（ビデオ通話有、話し手画面キャプチャ）

4. 結果と考察

4.1 評価概要

街路景観検討実験の後、アンケートによる心理評価を行った。通信伝送により生じる遅延や映像の質の影響、同室同期型会議との違い、実際の景観まちづくりの現場での実現可能性についての評価を

把握するためである。被験者は全員が同室同期型会議を十分に経験済みである。調査項目及び回答に対する得点化の方法を以下に示す。項目 c), d)については、自由記述意見も収集した。

- a) クラウド VR の通信遅延による会議進行への影響 (5点満点) : 全く影響を与えない 5 点, 影響を与えない 4 点, どちらともいえない 3 点, 影響を与える 2 点, 非常に影響を与える 1 点
- b) クラウド VR の映像質の会議進行への影響 (5点満点) : 全く気にならない 5 点, 気にならない 4 点, どちらともいえない 3 点, 気になる 2 点, 非常に気になる 1 点
- c) 同室同期型検討会議との差 (5点満点) : 全く差はない 5 点, 差はない 4 点, どちらともいえない 3 点, 差がある 2 点, 大きな差がある 1 点
- d) 実際の景観まちづくりで使用可能か (5点満点) : 非常にそう思う 5 点, そう思う 4 点, どちらともいえない 3 点, そう思わない 2 点, 全くそう思わない 1 点

各調査項目を 5 段階別に集計すると共に、これらの得点を加重平均法により算出する。その際、実験協力者の属性として、性別、実験中のビデオ通話の有無、VR 使用経験の有無により分類する。VR 使用経験が有る者については、更に使用頻度が高い者(月一度以上)と低い者(月一度未満)に分類する。属性別の平均値と分散を算出すると共に、t 検定を行った。

4.2 結果と考察 1 : 調査項目について

調査項目の 5 段階別集計結果を図 3 に、属性別の平均値と分散を表 2 に、属性別の t 検定結果を表 3 に、評価項目の相関係数を表 4 に示す。

(1) クラウド VR の通信遅延の影響について

50%以上から「全く影響を与えない」若しくは「影響を与えない」という回答が得られた一方で、30%以上から「影響を与える」若しくは「非常に影響を与える」という回答も得られた。属性別の有意差は見られない。他の項目と比較して、分散値が大きく、個人による差が大きいと考えられる。通信遅延時間(レイテンシ)の発生状況を定量的に把握することが現状では困難である。そのため実験時には、話し手、聞き手のディスプレイに表示されるクラウド VR の内容を音声通話によりお互いに確認し合いながら進めた。この方法は最も基本的な確認方法であるが、今後はクラウド VR の通信遅延時間を継続的に計測し、遅延状況を把握する機能が必要である。

(2) クラウド VR の映像質の会議進行への影響について

80%以上から「全く気にならない」若しくは「気にならない」という回答が得られた。属性別の有意差は見られない。VR 経験の有る者から 8 割(4 点)以上の評価が得られており、映像質の影響は小さいといえる。但し、劣化の程度について定量的に把握することはできていないことは課題として残る。

(3) 同室同期型会議との差について

38%以上が「差はない」と回答する一方で、40%以上が「差がある」若しくは「大きな差がある」という回答が得られた。また、ビデオ通話の有無、及び、VR 使用頻度の高い者と VR 未経験者との間で有意差が認められた。

ビデオ通話の有無により有意差が生じた理由として、ビデオ通話を使用することで音声のみならず映像で会議の雰囲気共有できたため、同室同期型会議と同様に対処できたためであると考えられる。

一方、ビデオ未使用者からは、「自分が操作している時に、相手にも同じ映像が見えているか不安なので、随時確認を行う必要がある」

「複雑な形状等を言葉では言い表せない場合もあるので Web カメラの併用が必要」といった意見が 5 件得られた。このコメントからもビデオ通話を実施していないことにより会議の雰囲気を十分に共有することができず、低い評価になったと考えられる。また、「電話しながらの VR 操作はやりにくい。ハンズフリーで会話できる環境が必要。」といった片方に受話器を持つことによる意見が 3 件得られた。

また、VR 使用頻度の高い者と VR 未経験者との間に有意差が生じた理由として、前者は VR 操作に一定の経験があるために分散同期型会議で生じる不具合に対して柔軟に対応することができたと考えられる。一方 VR 未経験者は全員がビデオ未使用者でもあった。このことから、VR 使用と分散同期型の会議形式の両方に慣れておらず、不安が先行したために低い評価になったと考えられる。

(4) 実際の景観まちづくりで使用可能性について

90%以上から「非常にそう思う」又は「そう思う」という回答が得られた。具体的な使い方や課題については 4.3 節でより深く考察する。

(5) 評価項目の相関関係について

「同室同期型会議との差」と「景観まちづくりでの可能性」には弱い相関が見られる。すなわち、同室同期型会議との差が小さければ、景観まちづくりへの使用可能性が高くなることは当然のことであるが、確認された。

以上より、分散同期型会議を実施する際には、ビデオ通話環境を

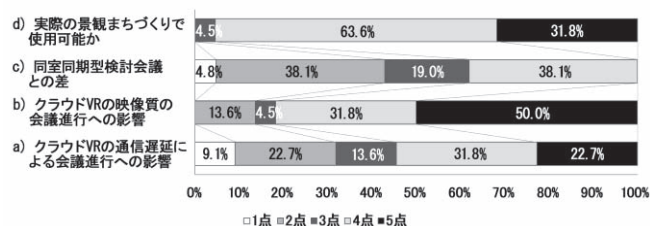


図 3 アンケート結果 (N=22)

表 2 属性別平均値(上段)と分散(下段)

	a)クラウド VR の通信遅延の影響	b)クラウド VR の映像質の影響	c)同室同期型会議との差	d)景観まちづくりでの使用可能性
男性 (N=19)	3.421 1.924	4.316 1.006	2.944 1.114	4.263 0.316
女性 (N=3)	3 1	3.333 1.333	2.667 0.333	4.333 0.333
ビデオ通話有 (N=6)	4 1.2	4 1.6	3.5 0.7	4.5 0.3
ビデオ通話無 (N=16)	3.125 1.85	4.25 1	2.667 0.952	4.188 0.296
VR 経験有 (N=17)	3.375 1.411	4 1.333	3.429 0.619	4.5 0.286
VR 経験無 (N=5)	3.556 2.028	4.444 1.028	2.778 0.944	4.111 0.361
全体 (N=22)	3.364 1.686	4.182 1.058	2.905 0.943	4.273 0.289

表3 属性別のt検定結果

比較条件		a)クラウド VRの通信遅延の影響	b)クラウド VRの映像質の影響	c)同室同期型会議との差	d)景観まちづくりでの使用可能性
性別	男性				
	女性				
ビデオ通話	有			△	
	無				
VR経験	有・頻度高				
	有・頻度低				
	無			▼	

無印：有意差なし
 △、▼：有意差 5%水準
 △：左の条件の方が値が大きい ▼：右の条件の方が値が大きい

表4 評価項目の相関係数

	通信遅延の影響	映像質の影響	同室同期型会議との差	景観まちづくりの可能性
通信遅延の影響	1			
映像質の影響	0.393	1		
同室同期型会議との差	0.396	0.061	1	
景観まちづくりの可能性	0.249	0.321	0.499	1

確保すること、VR 使用経験の有無により検討会議を進行する際に配慮することが必要であるといえる。

4.3 結果と考察2：景観まちづくりでの使用可能性

「実際の景観まちづくりでの使用可能性」に関して、具体的な使用の方と使用する際の懸念や課題について整理する。

具体的な使用方法に関する意見と考察を以下に示す(表5)。

検討対象では、ハード事業が中心に挙げられた。これは既往研究²⁾⁻⁴⁾⁷⁾¹²⁾からも予想できたことであるが、改めて確認できた。

使用者では、計画地から離れている専門家の参加が複数挙げられた。また、会議直前の多忙な時期に専門家が使用することで詳細な変更にも対応できるという意見があった。

端末は、本実験で用いたようなデスクトップ PC が主である。一方、計画対象地などのモバイル環境での端末としては、今後スマートフォンの発展が考えられる¹⁵⁾。スマートフォンの処理能力は PC よりも劣るが動画再生型であるクラウド VR であれば対応可能であると考えられる。

また、同期分散型の使用以外に、非同期分散型での使用方法として、地元意見の醸成や計画案の広報への適用に関する意見も得られた。

次に、景観まちづくりで使用の際の懸念や課題に関する意見と考察を以下に示す(表6)。

操作環境に関して、まず現状のクラウド VR は互いのマウスを共有できないために、聞き手は話し手が画面上のどこを指して話しているのかが判らないことに対する指摘が見られた。また、検討過程を理解したり、検討中に発せられた意見と3次元仮想空間との位置関係を理解できるよう、注釈機能が必要であるとの指摘が得られた。

次に、景観検討項目には色彩も含まれるが、参加主体が使用するディスプレイの色の違いにより、計画内容の理解差が生じる恐れがあるという懸念があった。さらに、同室型会議以上に直感的なインターフェースが求められていることも窺えた。これは、操作を説明

表5 景観まちづくりでの具体的な使用方法

対象	景観まちづくりに加え、庁舎、市営住宅等の建築物の計画、都市計画道路の接続、市街地再開発事業、土地区画整理事業等のハード事業の検討を行う際に有効。(複数)
使用者	学識経験者やコンサルタントなど、計画地に常駐できない主体の参加回数増が望めそう。(s)
端末	遠方にいる専門家同士の会議に使用できる。同室対面型会議を行う場合は、移動時間を含めたスケジュール調整や旅費の支出などに苦勞している。(複数)
非同室型	〆切間際で時間が切迫されているが、専門家の同室型会議を開けない際に、細かい変更を検討する際に有効。(複数)
期型	今後、スマートフォン等携帯端末の利用増が見込まれる。携帯端末は PC 以上に処理能力が限られているため、3D 描画に有効。(m)
型	同室対面型だと VR を閲覧できる時間が限られるが、分散型であれば地域住民が自主的に自由な時間に検討できるため、計画案に対する地元意見の醸成がより期待できる。(m)
凡例	市の広報等にクラウド VR の URL を記載することで、一般市民が気軽に家庭内で話し合うことも可能となる。よって、幅広い方々に計画をより深く理解してもらえないか。(m)
	凡例：s：VR 経験が有る上に使用頻度の高い者、m：VR 経験が有る上に使用頻度の低い者、b：VR 未経験者

表6 景観まちづくりで使用の際の懸念や課題

操作環境	画面内のある部分をマウスポインターで指示した内容を共有することができない。特に非専門家は専門用語を使用できないため、画面を直接指差して意見したい等の欲求が強いのではない。(複数)
準備	検討過程を理解するための、注釈機能が VR 空間上に必要。(s)
会議本番	各ディスプレイの個体差により表現される色合いが変化するのはないか。(s)
他	操作方法を説明せずに直感的に使えるインターフェースが必要。特に、「ウオーク」機能の改良が必要。(複数)
	PC スペックやソフトウェアのインストール状況を本実験のように事前確認する必要がある。(m)
	操作説明や会議運営の方法など、慣れる迄はガイダンスが必要。(m)
	会議本番にインターネットに接続できるかが心配。特に大勢の主体が会議に参加した場合。(複数)
	遠隔にいるプランナーが、空気感がわかりにくい地元の人達に的確に設計意図や事例なども含めた意見を伝えられるか。(s)
	対面環境と違い、身振り手振りや指示語で話がしにくいいため、会話が盛り上がるかどうか心配。(m)
	建設的な議論には使用できるが、地元地権者説明等のシビアな場面での利用は困難と思われる。(b)
	クラウド VR をキャプチャできてしまうので、情報漏えいが心配。(s)
	凡例：s：VR 経験が有る上に使用頻度の高い者、m：VR 経験が有る上に使用頻度の低い者、b：VR 未経験者

する主体が通常遠隔にいるということ、同室型であれば VR 操作に最も慣れたユーザが操作することが多いが、分散型であれば参加するユーザが自分自身で操作しなければならない、という理由からである。

会議の準備段階では、本実験で実施したようなユーザの PC 環境の把握²⁾が重要であるという意見が得られた。3.2 節でも述べた通り、インターネット接続環境は多様であり周到な準備が大切である。

会議本番では、インターネットに接続できるかどうか最大の懸念事項であった。周到的な準備を進めると共に、インターネット接続状況についてのデータベース化が求められる。また、分散型は会議の雰囲気を同室型と同じく構築することは現状では困難であるため、分散型を適用する会議はその性格に応じて選択する必要がある。すなわち、シビアな議論が起りうる会議よりはむしろ、知識レベルや価値観が共有しやすい建設的な会議での試行がよい。

5. 結論と今後の課題

5.1 結論

本研究は、人々のアクティビティの流動化やクラウドコンピューティング技術の発展を背景に、分散同期型環境において参加主体が3次元仮想空間を共有しながら、景観まちづくりに関する検討会議を実現する可能性について、街路景観を対象とした模擬実験と実験協力者への心理評価を通じて考察した。得られた成果を以下に示す。

- ・ クラウド VR の通信遅延の影響は個人差がある。今後、クラウド VR の遅延状況を把握する機能を開発し、因果関係を把握する必要がある。
- ・ クラウド VR がもたらす映像質の劣化の影響については小さいといえる。但し、劣化の程度を定量的に把握することは今後の課題として残る。
- ・ ビデオ通話を使用した者、及び、VR 使用頻度の高い者の方が同室同期型会議との差は小さいと評価している。すなわちクラウド VR を用いて分散同期型会議を実施する際には、ハンズフリーのビデオ通話環境を確保すること、VR 使用経験の有無により検討会議の実施内容に配慮を加えることが肝要である。
- ・ 景観まちづくりでの使用可能性についての評価は高い傾向にある。また専門家に対するインタビューから、分散同期型会議環境は景観まちづくりをはじめとするハード事業を対象として使用可能性が高く、特に、遠隔地の専門家が分散同期型により検討会議への参加機会が得られるという意見を得た。一方で、画面上の指し位置が共有できる機能等の必要性や、会議本番に確実にインターネット接続できることに対する懸念が見られる。

5.2 今後の課題

本研究では、実験の評価方法としてアンケート調査により実験協力者の意見を把握したが、より信頼性の高い資料とするために会議の質に対する分析や客観的な検証が必要である。例えば、「景観まちづくり」におけるプロセスにおいて、「視点の同期」をとることが効果的なのか具体的な検証が待たれる。また、本研究の実験協力者は 23 名であり、2 名 1 組での模擬検討実験を実施した。実用化に向けては、3 名以上の参加主体による会議形態等、より多数多様な主体が参加する実験を通じて、同期分散型会議の可能性を更に追究する必要がある。

謝辞

本研究は、経済産業省 平成 22 年度産業技術研究開発委託費（次世代高信頼・省エネ型 IT 基盤技術開発事業）「クラウドコンピューティングによる合意形成支援仮想 3 次元空間の利用サービス（委託元：㈱フォーラムエイト）」の一部として実施した。

注

注1) 実験用プロトタイプ用ソフトウェアとして、クラウド VR には UC-win/Road for SaaS (㈱フォーラムエイト)、3 次元仮想空間構築には UC-win/Road Ver5.0 (㈱フォーラムエイト)、Autodesk 3ds MAX Design 2010、Adobe Photoshop CS4 Extended を使用した。

注2) 実験のための準備作業として次の内容を実施した。1) 実験協力者の PC でクラウド VR が接続可能か、動作に異常がないかの確認。2) 実験時の音声通話方法やビデオ通話の有無、PC やソフトウェア等のスペックの確認。1) でクラウド型 VR に接続できない場合、その状況に応じて次の通り対応した。a) クラウド VR の URL にアクセスできない問題。実験協力者のインターネット環境が、ポート番号のデフォルト値 (80) 以外の値に対して、接続できない場合がある。この問題が判明するまで、クラウド VR のマルチコンテンツ利用を想定してポート番号を複数設定していたが、実験中の不具合を回避するため、ポート番号はデフォルト値 (80) のみとした。b) パスワード入力画面が表示されない問題。クラウド VR にアクセスするにはパスワードを入力する必要があるが、入力画面が表示されない場合、実験協力者のインターネット環境で Flash 再生上の制限の存在が考えられる。そのため、Flash が正常にインストールされていること、Flash アクセス制限の問題がないことを確認する。c) VR 画面が表示されない問題。実験協力者のインターネット環境で、動画再生

上の制限の存在が考えられる。そのため、Cookie 制限の解除、HTTP ヘッド情報の制限解除の処理を行う。

注3) アンケートについては、模擬実験実施直後に実施したものの、選択肢数が不統一など不十分な点が見られた。そのため、アンケートの質問内容は変更せずに回答項目数を全て 5 段階に統一した上で、実験協力者に再評価をお願いした (6 月末)。再評価の際、実験協力者に対して、実験直後の評価内容を送付し評価内容の変化が発生しないように留意した。再評価票は実験協力者全員より回収できた。

参考文献

- 1) 国土交通省：国土交通省所管公共事業における景観検討の基本方針（案）
http://www.cbr.mlit.go.jp/utsukushi/pdf/keikan_kihonhoshin.pdf, (参照 2011.4.20)
- 2) T. Fukuda, R. Nagahama, A. Kaga, S. Oh, T. Sasada : Collaboration Support System for City Plans or Community Designs based on VR/CG Technology, *International Journal of Architectural Computing*, Issue 04, Volume 01, pp.461-469, 2003
- 3) 有馬隆文, 百合野高宏, 日高 圭一郎 : まちづくりワークショップにおけるバーチャルリアリティの活用とその評価－空間理解とイメージ共有のためのワークショップ支援システム (その 2)－, *日本建築学会計画系論文集*, 第 617 号, pp.79-85, 2007.7
- 4) 古賀元也, 鳩心治, 多田村克己, 大貝彰, 松尾学 : 景観まちづくりにおける空間イメージ共有手法に関する研究, *日本建築学会計画系論文集*, 第 73 巻, 第 633 号, pp.2409-2416, 2008.11
- 5) 渡辺俊 : 電子メールの利用実態から見た執務行為の空間・時間的な流動化に関する研究, *日本建築学会計画系論文集*, 第 75 巻, 第 648 号, pp.321-326, 2010.2
- 6) 渡辺俊 : 就労スタイルの時空間分析に基づく流動化指標の提案－電子メールの利用実態から見た執務行為の空間・時間的な流動化に関する研究その 2－, *日本建築学会計画系論文集*, 第 75 巻, 第 657 号, pp.2555-2560, 2010.11
- 7) T. Fukuda, A. Kaga, H. Izumi, T. Terashima : Citizen Participatory Design Method using VR and a Blog as a Media in the Process, *International Journal of Architectural Computing*, Issue 02, Volume 07, pp.217-233, 2009
- 8) 大西康伸, 両角光男 : 建築協同設計における意思決定を支援する非同期討論ツールの開発と実践的検証, *日本建築学会計画系論文集*, 第 76 巻, 第 659 号, pp.261-269, 2011.1
- 9) 長野匡利, 有馬隆文, マヘモド・ハテモ・マヘモド : バーチャルリアリティによるまちづくり情報基盤システムの開発, *日本建築学会・情報システム技術委員会第 31 回情報・システム・利用技術シンポジウム(論文)*, pp.61-66, 2008.12
- 10) 大西康伸, 両角光男, 村上祐祐, 本間里見 : 三次元モデルに対応した設計情報交換・共有システムの開発と評価－設計案理解のための BIM を活用した支援システムに関する研究－, *日本建築学会・情報システム技術委員会第 32 回情報・システム・利用技術シンポジウム (論文)*, pp.37-42, 2009.12
- 11) T. Fukuda, N. Okamoto, A. Kaga : Development of 3DBLOG: VR-BLOG System Which Supports Network Collaboration , *Proceedings of The 9th Iberoamerican Congress of Digital Graphics*, pp.327-332, 2005
- 12) Z. Shen and M. Kawakami : An online visualization tool for Internet-based local townscape design, *Computers, Environment and Urban Systems*, Volume 34, Issue 2, pp.104-116, 2010
- 13) IT 用語事典 : <http://e-words.jp/w/VR.html>, (参照 2011.4.20)
- 14) A. Kaga, Y. Matsunaga, K. Sakai, T. Fukuda : Construction of the Design Support System for the Public Space Design in which a Citizen Participates , *Proceedings of the 13th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia*, pp.426-432, 2008
- 15) 矢野経済研究所 : スマートフォン市場に関する調査結果 2010 - 携帯電話市場はスマートフォンを中心に更なる発展へ, 2010

(2011年4月23日原稿受理, 2011年9月1日採用決定)