

複数画面の同時表示に特化した ソーシャル VR の開発

大杉 綸

1. はじめに

リモートワークでのソフトウェア共同開発においては、開発画面の共有という用途で Zoom 等のビデオ会議システムが用いられている [1]。しかし、従来のシステムの画面共有機能では、2次元の表示領域に共有中のウィンドウを表示するため、複数枚のウィンドウを共有した際に、同時に表示できる画面の枚数やサイズが制限されてしまう。そこで、本研究では 3次元の表示領域を持つ Desktop-VR 型のソーシャル VR に着目した。ソーシャル VR とは VR 空間上でユーザー同士が同一の 3次元空間を共有し、アバターを介してリアルタイムで交流するシステムのことである [2]。また、ソーシャル VR には、HMD-VR 型と Desktop-VR 型の 2種類が存在する。前者は VR ゴーグルを装着するタイプであり、後者は VR ゴーグルを用いずパソコンのみで表示させるものである。ソフトウェア開発では、コーディングなどタイピングを必要とする場面が多く想定される。VR ゴーグルを装着した状態でのタイピングでは通常の効率性を維持することが困難であることから [3]、HMD-VR 型のソーシャル VR はこの点において不向きであると考えられる。

バーチャル会議システムとしての Desktop-VR 型のソーシャル VR は 3次元の共有空間である VR 空間にコンピュータ上の画面を表示し共有できる [4]。

これにより、ソーシャル VR はビデオ会議システムと比較し、表示領域を立体的に拡張することができる。この特徴は、複数のアプリを開いて作業をし、複数のウィンドウを共有する場面が想定されるリモートでのソフトウェアの共同開発においてアドバンテージとなることが期待できる。しかし、従来の Desktop-VR 型のソーシャル VR における画面表示システムでは、VR 空間内に設置されているモニターの枚数以上の画面を表示することができないという課題点が挙げられた。本研究では、メタファーという概念に着目し、この課題点が VR 空間上のモニターが現実世界のモニターをメタファーとし、その役割を投影していることに起因すると考察した。また、複数画面の同時表示に特化した Desktop-VR 型のソーシャル VR としてパソコンをメタファーとする VR 空間を持つソーシャル VR の提案と実装を行った。そして、そのユーザビリティをソフトウェア共同開発における複数ウィンドウの共有という観点から評価した。

2. 画面表示システムにおける違い

2.1 2DGUI で構成されている画面表示システム

Zoomをはじめとする画面共有機能をもつビデオ会議システムは一般的に 2DGUI を中心とする画面表示シ

システムが採用されている。調査した限りでは、以下の2つの表示方式が確認された。

① 分割表示方式

分割表示方式では自分が共有しているウィンドウ及び相手から共有されているウィンドウをまとめて一覧することが可能である。共有画面の表示スペースをグリッド上に分割し、分割された区画がそれぞれのウィンドウの表示領域として割り当てられるが、この方式では各ウィンドウの表示領域が縮小化されてしまう。Discord の画面共有機能では、分割表示方式が採用されており、図1のように共有画面が表示される[5]。

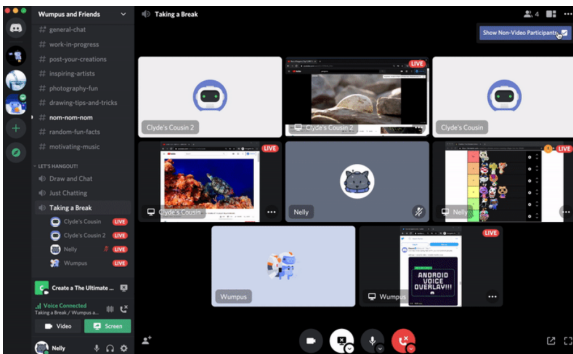


図1 Discordでの共有画面の表示

② 折り込み表示方式

折り込み表示方式は主に1枚もしくは少数枚の共有中のウィンドウに、最大の表示領域を割り当てる表示方式である。共有されているウィンドウのうち、1枚もしくは少数枚のみが共有画面の表示スペースに表示される。その他のウィンドウはすべて非表示になり、タブ等のUIから表示画面を切り替える形で表示できる。この方式では、同時に表示する枚数が制限されてしまう。Zoomの画面共有機能では、折り込み表示方式が採用されており、表示画面を切り替えるタブが図2のように設計されている[6]。

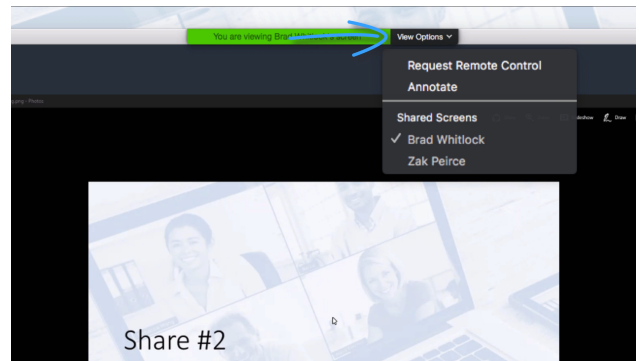


図2 Zoomにおける共有画面の切り替え

これらの表示形式では、複数ウィンドウの同時表示と各ウィンドウの表示領域の拡大の両立が難しいと考えられる。

2.2 ソーシャルVRの画面表示システム

一方、ソーシャルVRは3次元空間であるVR空間に2Dの画面を表示できることから、これらの両立が可能である。既存のDesktop-VR型のソーシャルVRの画面共有において、VR空間内にパソコンの画面を表示する方法として、調査した限りでは、VRモニターを介した表示形式が確認された。この表示形式では、VR空間内に3Dオブジェクトとして配置されているモニターにパソコン上の映像を映し出す。

・ソーシャルVR「Horizon Workrooms」の画面表示システム

Horizon Workroomsでは、図3のように会議室を再現したVR空間に配置されているVRモニターに映し出す形で共有する[7]。



図3 Horizon Workroomsの画面表示システム

・ソーシャルVR「Cluster」の画面表示システム
Clusterでは、図4のようにイベント会場やホールを再現したVR空間に配置されているVRモニターに映し出す形で共有する[8].



図4 Clusterの画面表示システム

この表示形式では、表示できるウィンドウの枚数が制限されると考えられる。VRモニターに映像を映し出す表示形式では、VR空間内に設置されているスクリーンの枚数分以上のウィンドウを表示することができない。複数ウィンドウの表示という観点において、既存のソーシャルVRの表示形式には上記の課題点が挙げられる。本研究では、この表示形式とは異なる新たなVR空間上の画面表示システムを設計する。

3. 開発者向けソーシャルVRの開発

3.1 ソーシャルVRの画面表示システム

複数ウィンドウの表示という観点において、既存のDesktop-VR型のソーシャルVRの画面表示システムには表示可能なウィンドウの枚数がVRモニターの枚数によって制限されてしまうという課題点が挙げられる。この課題点を解決するため、本研究ではメタファーという概念に着目した。メタファーとは視覚的に役割の類似性を伝える手法であり、その対象に役割を投影することができる[10]。VRモニターは、現実世界のモニターをメタファーとすることで、モニターにおける「パソコン上の画面を単一で映す」という役割を投影していると考えられる。また、このことが問題点の起因となっていることが考えられる。

ここにおいて、パソコンをメタファーとするVR空間を設計することで、パソコンにおける「ウィンドウを複数枚表示し作業する」という役割をVR空間に投影することができると考えられる。そしてその性質から、ウィンドウを枚数制限なく表示することが可能になると考えられる。パソコンをメタファーとするVR空間を設計する上で、パソコン上のデスクトップにおけるメタファーに着目した。コンピュータ上のデスクトップは、机の上をメタファーとすることで、ユーザーに複数の書類を出し管理する机の上を想起させている。これにより、ユーザーにパソコン上で複数のウィンドウを管理し作業をすることを可能にしている[11]。従って、デスクトップメタファーはパソコンに机の上の役割を投影していると考えられ、デスクトップメタファーを参考にVR空間を設計することで、同様の役割をVR空間に投影できると考えられる。

3.2 システムの基本的な機能

本開発ソーシャル VR「Capsule」は Unity を用いて、Windows 向けのアプリケーションとして開発された。アバターのキャラクターモデルはユニティーちゃんライセンス [12] に従い、Unity-Chan! Model [13] を使用した。なお、他のアバターに関しては、Antro から公開されているキャラクターモデルのアセット [14][15] を使用した。オンライン部分は Photon Unity Networking 2 [16] を用いて実装した。また、Capsule は開発者向けソーシャル VR であり、当システムとエディター等を併用しコーディングする場面が想定される。このことから、ソーシャル VR のタイプとしてタイピングにおける困難が確認されている HMD を用いない Desktop-VR 型を採用した。

ユーザーはログインすると、ルームに名前を付けて作成もしくは他のユーザーが作成したルームに参加することができる。ルームは 3 次元空間 (VR 空間) となっており、各ユーザーは図 7 のようにアバターの介してこの空間に集まることことができる。

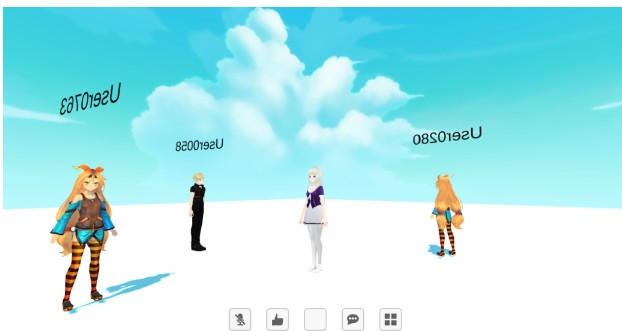


図 7 Capsule のルームの様子

Capsule には、歩行モードとカーソルモードがある。歩行モードはアバターでの移動や視点操作のみが有効である。一方、カーソルモードはカーソル操作のみ

が有効化されボタン式の GUI を介して様々な設定ができる。E キーを押すことでこれらのモード間を切り替えて使い分けられる。

① 歩行モード

ルームに参加すると、歩行モードでスタートする。歩行モードはアバターを操作して移動するためのモードであり、図 8 のように表示され操作パネルがない。以下のようなコントロールでアバターと視点を操作する。

- WASD キーを押して、前後左右に進む。
- マウスを動かして、視点を回転させる。
- スクロールで、ズームイン及びズームアウトをする。



図 8 歩行モードの様子

② カーソルモード

カーソルモードでは、図 9 のようにカーソル及びボタン式の操作パネルが表示される。主に音声や表示画面の設定を行うためのモードである。以下のような操作ができる。

- ボイスチャットのオン、オフの切り替え
- VR 空間内に表示するウィンドウの選択

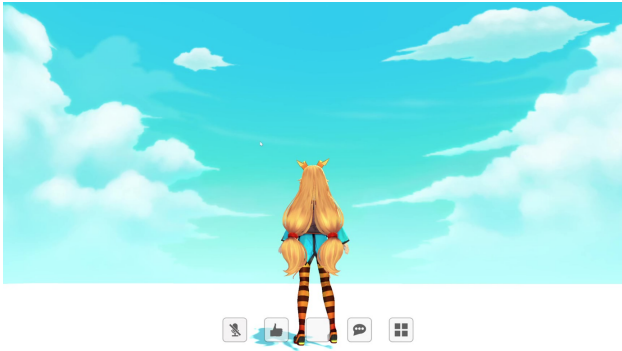


図9 カーソルモードの様子

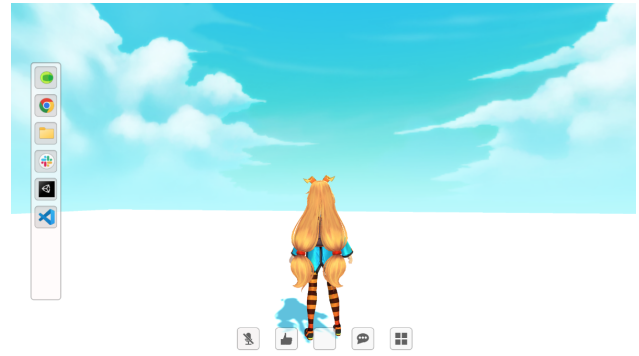


図11 机の上をメタファーとするVR空間

3.3 画面表示システムの実装

デスクトップメタファーを参考に、ソーシャル VR の画面表示システムを設計した。コンピュータ上のデスクトップでは、書類に当たる複数のウィンドウを机の上に当たるデスクトップ画面に表示する。これを参考に、ソーシャル VR の画面表示システムにおいて、机上スペース及び書類に当たる UI をそれぞれ設計した。Capsule において、書類に当たる UI はバーチャルディスプレイである。このバーチャルディスプレイには、ユーザーがパソコン上で開いているウィンドウが同期され表示されている。また、机上スペースに当たる表示領域を VR 空間とする。この机上スペースに当たる VR 空間に書類に当たるバーチャルディスプレイを配置するという形式をとっている。

また、これらのバーチャルディスプレイを管理するための UI としてタスクバーを設計した。3次元の VR 空間ではバーチャルディスプレイが 3D のオブジェクトであることから、アバターの視点によって傾いて表示されるので、そのバーチャルディスプレイ上の UI のボタンを押すことは困難であると考えられる。そこで、2DGUI のタスクバーに表示された各ウィンドウのアイコンのボタンからバーチャルディスプレイの開閉をできるように設計した。

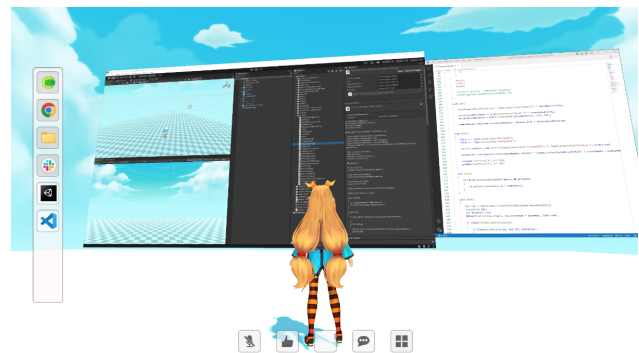


図12 書類をメタファーとするバーチャルディスプレイ

4. 評価

4.1 実験目的

複数ウィンドウの同時表示と各ウィンドウの表示領域の拡大という観点における Capsule の画面表示システムを評価する。また、それがソフトウェアの共同開発においてもたらす利点を調査する。

4.2 実験内容

① 実験参加者

情報科学を専攻する大学院生 2 名を対象に実験を行った。

② 実験システムと比較対象

名称	種類	画面の表示形式
Zoom	ビデオ会議システム	折り込み表示方式
Discord	ビデオ会議システム	分割表示方式
Cluster	ソーシャル VR	VR モニターに投影
Capsule	ソーシャル VR	ウィンドウとして表示

③ 調査項目

以下の項目に関して各システムをソフトウェアの共同開発という観点から実験参加者に意見を求めた。

- ・システム内で複数ウィンドウを同時表示した際の表示されているウィンドウの一覧性、画面を確認する際に必要な操作の操作性

- ・ソースコードなどのテキスト（システムのデフォルト設定のフォント）をシステム内で表示した際の可読性

④ 実験方法

ソフトウェアの共同開発において、上記の調査項目を中心に Capsule 及びその比較対象のユーザビリティに関してディスカッション形式で実験参加者から意見を聞いた。

4.3 実験結果

Zoom の無料版を実験に用いたが、無料版では複数人

の同時画面共有の機能を提供しておらず、有料版では、セッションをスイッチングする方式で、複数人の共有された画面を切り替えて、他の人の画面を閲覧できることから、実験参加者からは「これはそもそも複数人の同時画面共有をあまり想定したサービスではないかもしれない」という意見があった。

Discord での複数人での画面共有の実験では、3人でボイスチャットのルームに入り、参加者2人がテキストエディタの画面を共有した。メンバーのアイコンがそれぞれ表示された画面が3枚、共有された画面が2枚で、合計5枚の画面が共有画面の表示スペースを分割していた。テキストエディタの画面を共有した際に、ソースコードのテキストが縮小化されてしまっていた。このことに関して、実験参加者からは「文字が小さくて、読めない」という意見があった。

Cluster での画面共有の実験では、PDF ファイルを VR モニターに投影した。（※実験日が 2022 年 3 月 10 日より、画面共有機能のアップデート以前のバージョンの Cluster を実験に用いた。アップデート内容は、同 VR モニターにパソコンの画面を投影することが可能になるというものである。[20]）Cluster ではワールドに備え付けの VR モニターに投影する形で、管理者権限を持つユーザーのみが画面共有ができることが分かった。また、実験参加者からは「プレゼン向けのサービスなのではないか」という声が聞かれた。

Capsule での画面共有の実験では、各自のパソコン上で開いているウィンドウを複数枚 Capsule 上で表示した。Capsule では VR 空間内に表示したウィンドウが横に複数枚展開した。実験参加者からは「画面表示の解像度が高く、細かな文字も読める」という意見があった一方、ウィンドウが横に展開して表示されることから、「ウィンドウを閲覧するために視点操作や

移動が必要でやや操作が複雑」という声も聞かれた。また、3次元空間での表示より下から見上げる形でウィンドウを閲覧することから、「2Dよりコンテンツが見にくい」という意見も確認された。

4.4 考察

Discordでの画面共有の実験にて、ソースコードのウィンドウを共有した際に、テキストが縮小化されてしまい、読めなくなってしまう。このことから、2DUIで構成されているビデオ会議システムに関して、分割表示方式で複数人(5~6人)のソースコードの画面を同時に表示することが困難であると考えられる。

Clusterでの画面表示の実験では、ワールドに1つのVRモニターのみが備え付けられており、1つの画面のみの表示となっていた。このことから、VR空間内のスクリーンに映し出す画面共有システムを採用しているソーシャルVRにおいて、ワールド内のVRモニターの枚数によって共有できる画面の枚数が制限されてしまうと考えられる。

Capsuleでの画面表示の実験において、VR空間内にウィンドウを枚数制限なしに複数枚同時に表示でき、ソースコードのテキストも読むことができることが確認された。これは机の上をメタファーとする画面表示システムによって可能になっていると考えられる。しかし、ウィンドウを確認する上で視点操作と移動が必要となることやアバターの位置によってウィンドウが傾いて表示されることが課題点として挙げられた。

ClusterではVRモニターの枚数分のみの表示となっていたが、Capsuleではパソコン上で開いているウイ

ンドウの枚数分表示できることが確認された。これはメタファーの対象の役割の違いによって生じている違いであると考察した。Clusterではモニターをメタファーとした画面表示システムとなっており、モニターの「単一の映像を出力して表示する」という役割をシステムに投影していると考えられる。一方、Capsuleではパソコンをメタファーとした画面表示システムとなっており、パソコンの「ウィンドウを複数枚表示して、作業をする」という役割をシステムに投影している。これらの違いが画面の表示できる枚数の違いを生んでいると考えられる。また、メタファーの対象の違いが機能の違いを生んでいる可能性も考えられる。

5. 展望

①実験の限界

実験において、以下の点で分析が不十分であったと考えられる。

・実験参加者の人数の不足

実験参加者の人数が少なく、定量的な分析ができなかった。今後は対象の人数を増やし、実験の方法についても定量的なユーザビリティ評価の手法を検討する必要がある。

・実験参加者の分野別の分析

ソフトウェアの共同開発において、分野ごとにその進め方や状況が異なると考えられる。(ウェブデザイン、データサイエンス、ゲーム開発など)

実験参加者の人数を増やし、分野別に分けて分析することで、より具体的な使用例とそれに対応する課題点が見つけられると考える。

・実際のソフトウェアの共同開発での試用

本研究における実験では実験参加者にシステムを操作してもらい、その中で想定されることをディスカッションして、フィードバックを得た。そのため、実際に Capsule を用いてソフトウェアの共同開発を行ってもらったことで今回の実験で想定できなかった利点や課題点が見つかると思われる。

③ システムの拡張

実験を通して、Capsule において、バーチャルディスプレイを確認する上での操作の複雑性や 3 次元での画面のゆがみなどといった課題点が挙げられた。これは、Capsule における VR 空間での画面表示システムがユーザーのアバターの視点に最適化されていないことが原因と考えられる。よって、今後はアバターの視点に着目し、複雑な操作を必要としない VR 空間での画面表示システムの研究を進めていく必要がある。

6. 結論

ビデオ会議システムの画面共有では、共有されたウィンドウを表示する際、同時表示が可能な画面の枚数やサイズが制限されてしまうという問題が挙げられる。本研究では、この問題が 2 次元の画面の表示領域に起因すると考え、解決策として 3 次元の表示領域を持つソーシャル VR に着目した。また、従来の Desktop-VR 型のソーシャル VR の画面表示システムがモニターをメタファーとしていることから表示する画面の枚数が制限されていると考察し、パソコンをメタファーとする VR 空間を持つソーシャル VR の提案と実装を行った。また、その開発にあたって、コンピュータが机の上、すなわちデスクトップをメタファーとしていることを参考にし、3 次元空間におけ

る画面表示システムを設計した。実験の結果、ソーシャル VR はビデオ会議システムの画面共有における共有中のウィンドウの表示に関する課題点を解決できる可能性が示唆された。また、設計における観点からメタファーの対象の役割の違いが機能の違いを生むことを発見した。

謝辞

本研究を進めるにあたって研究部の皆様に大変お世話になりました。情報科学グループのアドバイザーの佐々木さん、葛木さん、本研究の実験にも参加して頂いた山下さん、木村さんには、システムの開発と研究、双方において幅広くアドバイスして頂きました。ここに御礼申し上げます。

参考文献

- [1] “Best Collaboration Tools for 2022 – Survey Results”,
<https://blog.jetbrains.com/space/2021/07/16/best-collaboration-tools/>
(2022 年 6 月 13 日参照)
- [2] Minhan Wang, “Social VR: A New Form of Social Communication in the Future or a Beautiful Illusion?”, Journal of Physics: Conference Series, page 1, April 2020
- [3] Renata Castelo-Branco, António Menezes Leitão, Guilherme Santos, “Immersive Algorithmic Design: Live Coding in Virtual Reality”, Simulation - VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY 1 - Volume 2, page 462~463, September 2019

[4] Borbála Berki, “Desktop VR as a Virtual Workspace: a Cognitive Aspect”, Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 16, No.2, 2019

[5] “Video & Screenshare Updates – Multistream and More!”,
<https://support.discord.com/hc/ja/articles/360045784891-Video-Screenshare-Updates-Multistream-and-More->
(2022年7月2日参照)

[6] “Sharing multiple screens simultaneously”,
<https://support.zoom.us/hc/en-us/articles/115000424286-Sharing-multiple-screens-simultaneously>
(2022年7月2日参照)

[7] “Workrooms Feature | Tools for Boosting Team Productivity”,
<https://www.oculus.com/workrooms/features/>
(2022年7月2日参照)

[8] “画面共有 – ヘルプセンター | cluster (クラスター)”,
<https://clusterhelp.zendesk.com/hc/ja/articles/5858344372889-%E7%94%BB%E9%9D%A2%E5%85%B1%E6%9C%89>
(2022年7月2日参照)

[10] Aaron Marcus, Metaphor design in user interfaces, Journal of Computer Documentation - vol.22 - No.2, page 43~46, May 1998

[11] D. AUSTIN Henderson, Jr. , STUART K. CARD

, “Rooms: The Use of Multiple Virtual Workspaces to Reduce Space Contention in a Window-Based Graphical User Interface”, ACM Transactions on Graphics, Vol.5, No.3, July 1986

[12] “DATA DOWNLOAD-ライセンス Unity-Chan!OFFICIAL WEBSITE”,
https://unity-chan.com/contents/license_jp/
(2020年6月13日参照)

[13] unity-chan!, Unity-Chan! Model
<https://assetstore.unity.com/packages/3d/characters/unity-chan-model-18705>
(2020年6月13日参照)

[14] Antro, Rin New: Anime-Style Character For Games And VRChat
<https://assetstore.unity.com/packages/3d/characters/humanoids/rin-new-anime-style-character-for-games-and-vrchat-174995>
(2021年10月24日参照)

[15] Antro, Satomi: Anime-Style Character For Games And VRChat
<https://assetstore.unity.com/packages/3d/characters/humanoids/satomi-anime-style-character-for-games-and-vrchat-175748>
(2021年10月24日参照)

[16] Exit Games, Photon Unity Networking 2
<https://assetstore.unity.com/packages/tools/network/pun-2-free-119922>
(2021年6月4日参照)

[17] “デスクトップ版・VR版で、画面共有機能が利用できるようになりました！【cluster v2.23】”,
https://note.com/cluster_official/n/n47cd6a845

447

(2022年7月16日参照)