

# 複数空間における多空間認知可能システムの提案

## Proposal of Multi-space Cognitive System in Multiple Spaces

本信 敏学<sup>†</sup>

吉野 孝<sup>†</sup>

Toshigaku Motonobu Takashi Yoshino

### 1. はじめに

近年、AR/VR 市場はコンシューマー向けのエンターテイメント用途と企業向けの教育・訓練用途などがともに拡大している [1]。一部の企業では、働き方改革を推進するために、VR を使ったテレワークなどに対する期待が高まっている。VR 会議は、複数の地点にいる人々が一つの仮想空間に集まってコミュニケーションすることを可能にした。また、集まった人々が複数のコミュニティを形成し、アニメや映画などを一緒に楽しむことが可能になった。これまで、メディアスペースによって遠隔地間を近づける試みがなされてきた。特に人間の視覚に対する新しいアプローチが多く提案されてきた [2][3]。たとえば、ドローンで撮影した映像を HMD に投影することで、ユーザは自分の身体に依存しない視点を持つことが可能になった [4]。

しかし、現実世界では、それぞれの場所が独立して存在するため、1 つの VR 空間に複数の地点の状況を表現するには不十分であると考えられる。今後、1 人のユーザが同時に複数の空間とつながり、別々の空間に対してやり取りを行うことが考えられる。たとえば、ユーザが職場にしながら、家庭内の状況を同時に確認するなど、異なる空間内の状況を同時に把握することが可能となる。従来、1 つのディスプレイ内で二つ以上のアプリを同時に開くマルチウィンドウや、1 つの画面を任意に分割して複数の映像を取り込むスプリット・スクリーン [5] などで、複数の地点や他のユーザ視点を確認してきた。また、複数地点における協調作業や学習支援システムでは、ウィンドウから他の空間の様子を確認してきた。

そこで本研究では、視界分割による複数空間表現システム「CompoundViewer」を開発した [6]。VR 技術を利用することで、擬似的に HMD ユーザの視界を分割するように表現する。分割された視界に異なる空間の映像を提示する。これにより、視界分割表現を用いることで、ユーザは分割された視界から、複数の空間を見ながら行動することが可能になる。また、バーチャルハンドを自分の手として使用することで、身体を自由に空間間で行き来する感覚を与える。本稿では、複数地点にいる人々が一つの VR 空間に集まってコミュニケーションする形態ではなく、1 人のユーザが同時に異なる空間にいる人と対話するシステムを提案する。これにより、同時に複数の地点に存在できない移動の制約を解消し、複数の空間と対話できる新しいコミュニケーション形態を実現することが可能になる。

### 2. 関連研究

人間の視覚の持つ視野には、情報に対する認識能力における特性の違いがある。人間の注目している中心視野は最

も感度が高く、細かい情報を判別することができる。注視している視野外の周辺視野は色など変化に対して敏感に反応するのに適している。Valentin らは、視覚特性に適した新しい情報提示システム“Perifoveal Display”を開発した [3]。Perifoveal Display は 2 台の深度カメラを通して、リアルタイムにユーザの頭部の向きをトラッキングする。ユーザの中心視野には詳細な情報が表示される。複数のディスプレイに表示されるデータは、ユーザの焦点から離れるほど抽象化される。また、Perifoveal Display は明るさと動きなどの変化をユーザの周囲の視野に知覚できたデータとして変換する。実験により、ユーザが大量のリアルタイムデータを追跡しなければならない作業では、複数のディスプレイに全部の詳細の情報を表示するよりも、Perifoveal Display はデータの変更をユーザに案内し、変更を見逃さないようにすることで、よりリラックスした作業状況を実現した。これにより、ユーザは自分の精神的なパフォーマンスを他のタスクに使用したり、長時間集中したりすることができる。

Kevin らは、自分の背後の状況を HMD を介して、既存の視界に投影することで、背後の状況を確認するために手元の作業を中断して、振り向く必要がない“SpiderVision”を開発した [2]。SpiderVision は前面と背面の両方でカメラを利用して、自分の視野を広げ、ユーザの意識を高めるシステムである。背面カメラはユーザの背後のシーンを継続的に分析し、必要に応じて背後のシーンを前面のカメラのシーンにブレンドする。従来の全方位カメラまたは自由移動カメラを使用する作業とは違い、ユーザは常に自分の世界に対する認識に似ていない画像を常に処理する必要がない。実験結果によると、ユーザは普段のパフォーマンスと同様の状態を維持しながら、背中の中の動きを察知することが可能になった。また、背面カメラを頭の後ろにある「目」として操作することが可能になった。

本研究との相違点としては、1 空間に対してユーザに複数の視点から見た映像を提示するのではなく [8]、本システムは同時に複数の空間情報をユーザに与え、複数空間における他人とのコミュニケーションを行うことが目的である。また、本システムでは一人のユーザが複数空間内で一人称視点をすべて所持している。画面を左右分割して左眼と右眼に違う景色を提示するのではなく、VR の立体視を保持するように視界を分割した点も異なる。

### 3. CompoundViewer

#### 3.1 CompoundViewer の概要

CompoundViewer は、異なる複数の空間の映像を視界に並べて表示する複数空間表現システムである。VR HMD を介して擬似的にユーザの視界を複数に分割する。分割された複数の視界に異なる空間の映像を表示する。図 1 に視界分割の仕組みを示す。異なる空間内にそれぞれユーザの視

<sup>†</sup>和歌山大学システム工学部, Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

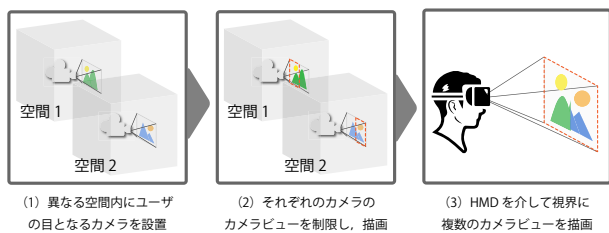


図 1: 視界分割の仕組み



図 2: CompoundViewer の表示映像（垂直 2 分割）

点となるカメラを設置する。カメラごとに描画範囲を指定し、カメラが撮影した映像を HMD 内に表示する。これにより、HMD を装着したユーザーは、空間の境界である視界の切れ目が存在することにより、自分が複数の空間にいる状態を認識する。また分割された視界を通して空間を視認することで、ユーザーに複数の空間にいる感覚を与えることが可能になった。CompoundViewer は、複数のアプリケーションをモニターに表示するために使用する「画面分割」をメタファとした。本稿では、実験により 1 空間との空間把握能力に差がもっとも少ない「垂直 2 分割」を使用した。図 2 に CompoundViewer の表示映像（垂直 2 分割）を示す。

### 3.2 システム構成

図 3 にシステムの利用環境を示す。CompoundViewer は Oculus Rift（解像度：2160 × 1200、視野角：110 度）と Oculus Touch を使用した。図 3 のように、本システムは PC と Oculus Rift をつないだ状態で進行。モニターに HMD 装着者が見ている映像が表示される。また、2 台のトラッキングセンサーを PC に接続する必要がある。センサーとセンサーは約 1.2m 以上、2m 以内の距離を離れて設置した。2 台のセンサーがトラッキングできるルームスケールは約 1.5m × 約 1.5m である。センサーを設置したことにより、HMD 装着者の頭の回転や傾きに加え、頭の上下左右前後の動きまで 6DoF（DoF: 自由度）を測定するが可能である。CompoundViewer は、Unity を用いて開発した。また、Oculus Touch を使用するために、Unity のアセット<sup>\*1</sup>を利用した。

## 4. 提案手法

### 4.1 手法の概要

本システムは、ユーザーが片方の空間内にいる人とコミュニケーションした状態で、もう片方の空間にいる別の人に対

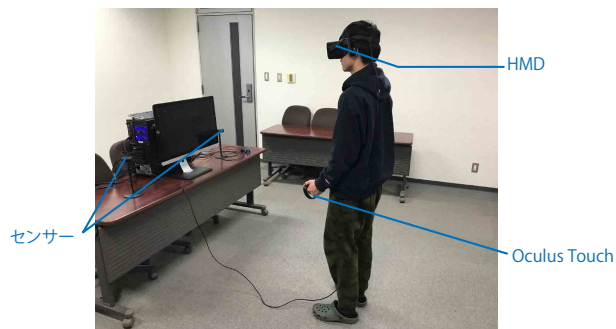


図 3: システム環境

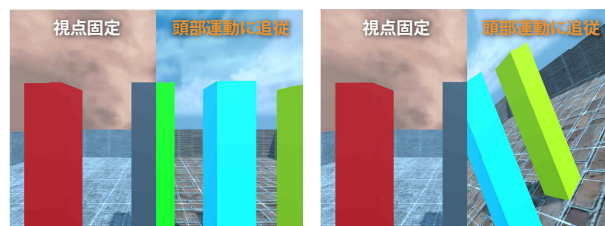


図 4: 右側の空間だけユーザーの頭部の動きに追従

してもコミュニケーションを行うことが可能な環境を実現した。映像内の人間の動きに対するユーザーの反応から、本システムを用いたときのユーザーの多空間認知能力を測定する。測定を行うため、片方の VR 空間内の映像を常時ユーザーに見えるように設定した。図 4 のように、ユーザーが頭を動かしても、左側の空間の映像は目の前の位置に固定される。ユーザーは基本的にその空間の映像の人と会話をする。また、右側の VR 空間内の映像の位置は映像内の人の動きに合わせて移動する。そのため、ユーザーは片方の空間と対話した状態で、もう片方の空間の映像を目で追う必要がある。ユーザーが頭を動かしたら、空間の映像はユーザーの頭部の運動に追従して変化する。これにより、ユーザーは自由に別の空間の状況を確認できる。また、現実世界みたいに任意なタイミングや場所で、相手からの会話の合図が来るようになる。

### 4.2 異なる VR 空間内の映像

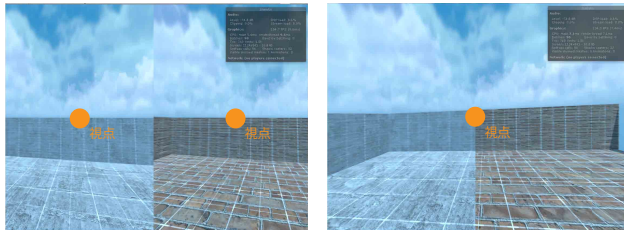
ユーザーに異なる空間を知覚させることが可能であるか評価するために、本稿は VR 空間内に現実世界の映像を表示する手法を用いた。その手法により、現実世界の会話と近い環境を再現することが可能になる。図 5 のように、異なる VR 空間の状況をユーザーに提示する。それぞれの VR 空間内には、対話相手の映像が見える。左の空間内の映像には、ユーザーと常に会話している人がいる。右の空間内の映像には、ランダムなタイミングでユーザーと会話したい合図だけを送る人がいる。映像はそれぞれ異なる場所で事前に撮影したものである。システムを実行する際に、二つの VR 空間内に設置した映像が同時に再生する。相手の音声も流れる。これにより、リアルタイムで二つの場所にいる人とコミュニケーションできる環境を再現する。また、ユーザーに異なる空間と関われる感覚を与える。

<sup>\*1</sup>Oculus Integration:

<https://assetstore.unity.com/packages/tools/integration/oculus-integration-82022>(参照 2019.5.12)



図 5: VR 空間内の映像表示



(a) 傾斜錐台変化前

(b) 傾斜錐台変化後

図 6: 傾斜錐台変化

### 4.3 傾斜錐台変換

従来の CompoundViewer では、各空間ごとにユーザの視点となるカメラが設置されている。各カメラの描画範囲の中心に視点がある。しかし、視界分割表現するために、二つのカメラを設置する必要がある。そのため、図 6 のように HMD の視界に 2 つの視点が存在する。多視点から見た空間映像を描画されるので、通常の 1 視点から見た映像と異なる。先行研究の実験により、多視点が存在する空間映像をユーザに提示することで、ユーザの操作性に影響を与えることがわかった。本稿では、視界内に複数の視点が存在する問題を解決するために傾斜錐台を使用する。傾斜錐台を用いることで、図 6 のようにカメラの焦点の中心をずらすことが可能となる。これにより、視錐台を傾斜錐台に変換することで、ユーザの視界が複数個に分割されても、一つの視点だけ見ている空間の映像を提示できる。垂直二分割の場合では、左右の空間を描画するカメラの焦点が分割された視界の空間同士の境界線の中心に設置した。これにより、通常の VR 空間と同じく、見ている空間映像の中心に視点がある。

## 5. おわりに

本稿では、CompoundViewer を用いて、複数空間表現を実装した。またユーザに多空間認知可能な状況提示手法について述べた。ユーザが片方の空間内にいる人とコミュニケーションした状態で、もう片方の空間にいる別の人に対してもコミュニケーションできる環境を実現した。今後は、複数の空間内の映像に対するユーザの反応から、ユーザの多空間認知能力を測定する。また、ユーザの多空間認知能力を検証した後、VR 空間内に人間の 3 次元データを再現し、握手などの身体的な接触表現も実装する予定である。

## 参考文献

- [1] 総務省 平成 30 年版 情報通信白書 端末、世界の AR / VR 市場規模・VR ヘッドセット出荷台数の推移及び予測, <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h30/html/nd111350.html>(参照 2019.5.12).
- [2] Kevin Fan, Jochen Huber, Suranga Nanayakkara, Masahiko Inami: SpiderVision: Extending the Human Field of View for Augmented Awareness, Proceedings of the 5th Augmented Human International Conference (AH '14), Article 49, pp.1–8, ACM(2014).
- [3] Valentin Heun, Anette von Kapri, Pattie Maes: Perifoveal display: combining foveal and peripheral vision in one visualization, Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing(UbiComp '12), pp.1150–1155, ACM(2012).
- [4] Hedayati, H., Walker, M. and Szafir, D.: Improving Collocated Robot Teleoperation with Augmented Reality, Proceedings of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction(HRI '18), pp.78–86, ACM(2018).
- [5] 脇山 真治: 映画におけるスプリット・スクリーンの系譜<～マルチ映像史の傍流として～>, 芸術工学会誌, Vol.64, pp.27–34(2014).
- [6] 本信 敏学, 吉野 孝: 視界分割による複数の空間表現を用いた身体的インタラクションシステムの提案, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2019) シンポジウム, pp.1131–1137(2019).
- [7] Rui Pan, Samarth Singhal, Bernhard E. Riecke, Emily Cramer and Carman Neustaedter: MyEyes: The Design and Evaluation of First Person View Video Streaming for Long-Distance Couples, Proceedings of the 2017 Conference on Designing Interactive Systems(DIS '17), pp.135–146, ACM(2017).
- [8] 杉田 祐樹, 樋口 啓太, 米谷 竜, 佐藤 洋一: 複数一人称視点映像閲覧における行動空間とカメラ位置姿勢の 3 次元可視化による効果, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol.2017-HCI-171, No.26, pp.1–8(2017).