

共有フィジカルフィードバック：共有仮想空間とフィジカルフィードバックの連携による一体感の創出

佐々木温子^{1,a)} 洪花¹ 富杉正広¹ 飛田博章¹

概要：移動時間の効率化や働き方の多様化，地域格差解消の施策として，オンライン上でのコミュニケーションの機会が増えている．例えば職場でのミーティングや商談，学校での授業がオンライン上で実施されている．多くのオンライン上でのコミュニケーションに使用されるクラウド型のビデオチャットシステムでは参加者は 2D 映像と音声の 2 種類の情報を個別に受け取り，コミュニケーションを行う．しかし，対面でのコミュニケーションのように視覚と音声に加えて参加者同士が同じ空間からの得る一体感を十分に表現できないでいる．本論文では VR 共有空間を現実世界に拡張し，複数の双方向フィードバックを実現する．複数の双方向フィードバックにより共有出来る感覚を増やすことで既存のオンライン上でのコミュニケーションに比べ対面に近い一体感を得られることを目指す．

1. はじめに

移動時間の効率化や働き方の多様化，地域格差解消の施策として，オンライン上でのコミュニケーションの機会が増えている．例えば職場でのミーティングや商談，学校での授業や英会話教室がオンライン上で実施されている．多くのオンライン上でのコミュニケーションに使用されるクラウド型のビデオチャットシステムでは参加者は 2D 映像と音声の 2 種類の情報を個別に受け取り，コミュニケーションを行う．しかし，対面でのコミュニケーションのように視覚と音声に加えて参加者同士が同じ空間からの得る一体感を十分に表現できないでいる[1]．

近年オンラインでの一体感の創出において 3D 共有空間が注目され，様々なサービスが登場している．仮想現実によるアプローチとして「VRChat」ではアバターを使用し，3D 共有空間で他者とのコミュニケーションができる．

「Facebook Spaces」では自身の写真よりアバターを作成し，3D 共有空間で他者とのコミュニケーションができる．しかし，3D 共有空間の視覚情報を共有しただけにすぎず本質的にはクラウド型のビデオチャットシステムと変わりがない．また，拡張現実のアプローチとして「ビュー・ビュー・View」[2]は，ネットワークを介してフィジカルなフィードバックを共有することが可能となっている．しかし，フィジカルなフィードバックの共有が中心であるため，3D 共有空間における視覚情報が不足し一体感を十分に表現できていない．

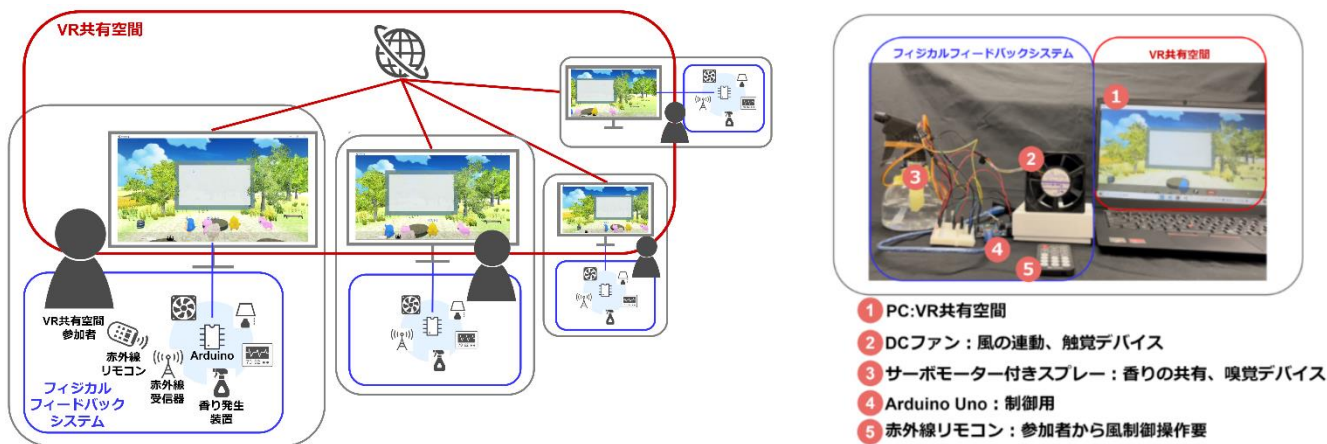
そこで，本論文では 3D 共有空間を現実世界に拡張し，複数の双方向フィードバックを実現する．複数の双方向フィードバックにより共有出来る感覚を増やすことで既存サービスに比べ対面の一体感に近づけることを目指す[3]．例えば，3D 共有空間で花畑を歩くと現実世界で花の香りを感じることが出来る．現実世界で風を発生させると 3D 共有空間で風が発生し共有出来る．こうした機能により，参加者同士が同じ体験をして同じ空間に居るような一体感が生まれ，対面でのミーティングに近い効果が生まれる．

本システムが実現され 3D 共有空間と現実世界が双方向に動作することで対面での空間共有に近い感覚を得ることが可能になり，オンライン上でのコミュニケーションで対面に近い一体感を得ることが期待される．

2. システム概要

本システムは，VR 共有空間部とフィジカルフィードバック部に大別される．VR 共有空間部はネットワーク上の 3D 共有空間であり，参加者はアバターを使用し同じ空間に居ることを実現する．また，VR 共有空間でのイベントやフィジカルフィードバックの起動情報から参加者のフィジカルフィードバックシステムを操作し，動作を共有することができる．フィジカルフィードバック部は現実世界で参加者の触覚や嗅覚の感覚を共有することを実現する．また，フィジカルフィードバックの起動情報を VR 共有空間に送信することができる．

本システムを動作させるためには，参加者全員が図 1 の PC とフィジカルフィードバックシステムを 1 台ずつ用意する必要がある．PC は VR 共有空間と Web アプリケーションを起動する．フィジカルフィードバックシステムはマイコン基盤である Arduino と各種デバイスの設定を行い PC と接続する．接続後は PC の Unity アプリケーションにて，VR 共有空間名と参加者名を設定し利用する．この環境から参加者は複数の双方向フィードバックにより視覚，触覚，嗅覚，聴覚など感覚を共有する体験を得ることが出来る．



3. システム実行例

本システムでは VR 共有空間とフィジカルフィードバックシステムを連携させ、ネットワークを介して複数の参加者が 3D 共有空間と現実世界の感覚を双方向に共有できる。

3.1 VR 共有空間と現実世界のイベント連動

VR 共有空間と現実世界のイベントが相互に連動する動作について図 2 に示す。

VR 共有空間のイベントの現実世界との連動の詳細について説明する。参加者が VR 共有空間に入室した時点では、VR 共有空間内は風が吹いておらず (図 2 の①)、フィジカルフィードバックシステムの Arduino に接続された DC ファンが停止している (図 2 の②)。入室後一定時間が経過すると (図 2 の③)、風が吹くエフェクトが発生しビュービューと風の音と共に木の葉が激しく揺らぎ始め (図 2 の④) 参加者の視覚と聴覚を刺激する。さらに、フィジカルフィードバックシステムでは DC ファンにより送風が行われ (図 2 の⑤)、参加者の触覚を刺激する。同様に、VR 共有空間内での風が吹くエフェクトが停止すると DC ファンも連動して停止する。

次に、現実世界のイベントの VR 共有空間との連動の詳細について説明する。参加者が VR 共有空間内で風が吹い

ておらず (図 2 の①)、かつ、DC ファンが停止している状態 (図 2 の②) で、赤外線リモコンのボタンを押すこと (図 2 の⑥) で、DC ファンを操作し送風を行う (図 2 の⑤)。DC ファンの操作はシステムにより検知され、VR 共有空間内でも風が吹くエフェクトが発生しビュービューと風の音とともに木の葉が激しく揺らぎ始める (図 2 の④)。同様に、参加者が赤外線リモコンで DC ファンを停止すると、VR 共有空間内でも風が吹くエフェクトが停止する。

このように VR 共有空間とフィジカルフィードバックシステムの相互の連動により、参加者は視覚、聴覚、触覚の 3 つの感覚に刺激を感じることができる。

3.2 参加者間のイベント共有

複数の参加者が参加している場合、参加者間でイベントが共有される。VR 共有空間内でのイベントは参加者全員のフィジカルフィードバックシステムと連動し、ある参加者により発生したフィジカルフィードバックシステムでのイベントは VR 共有空間内に連動すると共に他参加者のフィジカルフィードバックシステムと連動する。詳細は図 3 で示し、風に関するイベントと香りに関するイベントについて、以下に説明する。

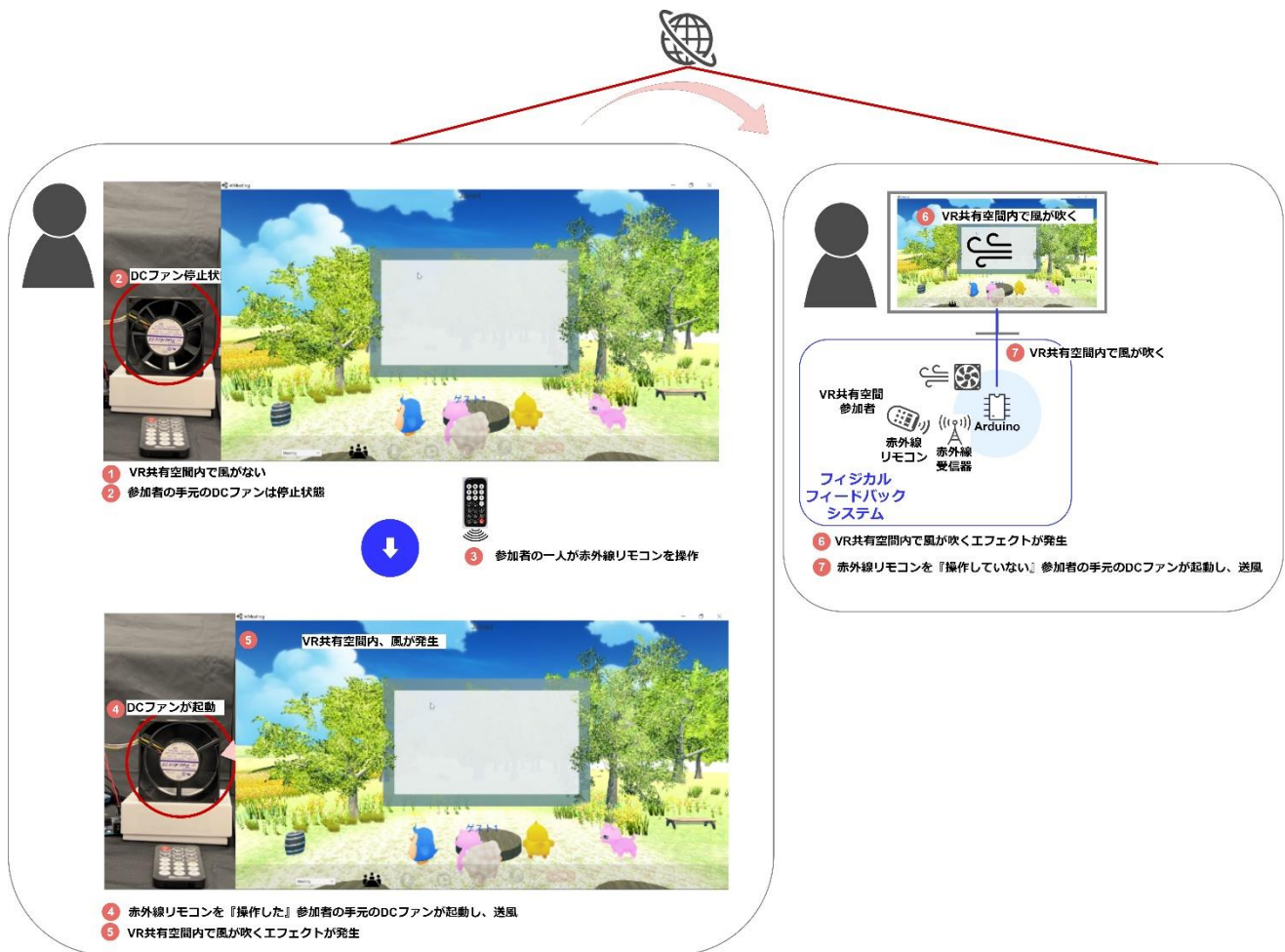


図 3. 参加者間のイベント共有

風に関するイベントが参加者間で共有される。VR 共有空間内で風が吹くと参加者全員の DC ファンが動作し、送風する。また、ある参加者が DC ファンを操作すると、VR 共有空間内で風が吹くとともに、他の参加者全員の DC ファンも動作し送風が行われる。

風と同様に香りに関するイベントも参加者間で共有される。参加者が VR 共有空間内で特定の場所にアバターを移動すると花びらが飛ぶエフェクトが発生するとともに、Arduino に接続されたサーボモーターが動作し、スプレアのレバーを押すことで香り付きの液体が噴霧される。同時に、VR 空間を共有している他の参加者のサーボモーターも動作し、香り付きの液体が噴霧される。

参加者間でイベントが共有されることで参加者全員が視覚、聴覚、触覚、嗅覚への刺激を同時に感じることができる。

4. 実装

本システムを構成する VR 共有空間とフィジカルフィー

ドバックシステムの 2 つの要素について説明する。

4.1 VR 共有空間

VR 共有空間として、Unity を使用して PC 上で動作する VR アプリケーションを作成した。屋外を模した VR 共有空間内では、日中、夕暮れといった日差しの強さや雨、風などの天候の変化が発生する。Unity アプリケーション内で発生する天候変化やアバターの動作等の情報は、Photon Cloud というクラウドサービスと PUN2 (Photon Unity Networking 2) という Unity アセットを利用して、VR 共有空間に参加する参加者全員に共有される。

4.2 フィジカルフィードバックシステム

フィジカルフィードバックシステムとして、赤外線受信器、DC ファン、サーボモーターを利用した香り発生装置をブレッドボード上に配線し、Arduino によって制御するシステムを作成した。Arduino は、VR 共有空間である Unity アプリケーションによるリクエスト、または、赤外線信号の受信を契機に、接続された DC ファンおよび香り発生装置を動作させる。

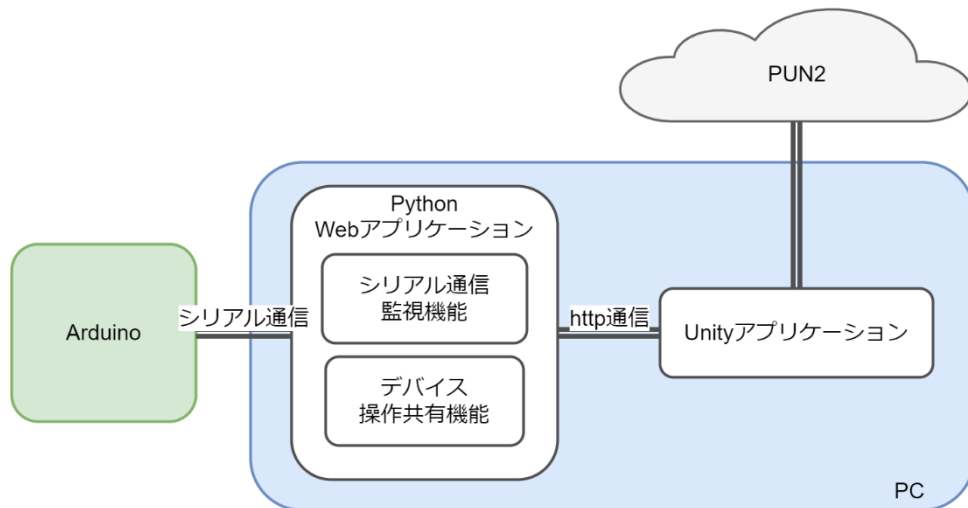


図 4. システム間の連携

4.3 システム間の連携

VR 共有空間とフィジカルフィードバックシステムのシステム間の連携は、VR 共有空間が動作する PC とフィジカルフィードバックシステムを制御する Arduino を接続する方式とした。図 4 に示すように、Unity アプリケーションと Python の Web アプリケーションは、同一 PC 上で http 通信にて接続する。また、PC と Arduino は、PC 上の上記 Web アプリケーションを経由してシリアル通信にて接続する。Web アプリケーションは、Python の Web アプリケーションフレームワークである Flask を利用して作成し、外部からのリクエストを受けて所定の処理を実行する。また、Arduino とのシリアル通信を監視する機能も実装し、動作させる。

4.3.1 Unity アプリケーションから Arduino への連携

VR 共有空間内で特定のイベントが発生した場合、Unity アプリケーションは、Web アプリケーションに対して、対応するデバイスを操作するためのリクエストを送信する。リクエストを受信した Web アプリケーションは、Arduino に対して、シリアル通信にて対象のデバイスを操作するリクエストを送信し、Arduino がデバイス操作を実行する。また、Unity アプリケーションは、発生したイベントを PUN2 経由で VR 共有空間を利用する他の参加者の Unity アプリケーションに通知する。

4.3.2 Arduino から Unity アプリケーションへの連携

Arduino は、特定の赤外線信号を受信した場合、対応するデバイス操作を実行するとともに、接続された PC に対してシリアル通信にて、デバイス操作を実行した旨のメッセージを送信する。PC 上で動作しているシリアル通信監視機能が、Arduino からのメッセージを検知し、PC 上にデバイス操作実行履歴ファイルを作成する。Unity アプリケーションは、フレームごとに Web アプリケーションへの上記ファイルの存在確認リクエストを送信しており、ファイルが存在する場合、特定のレスポンスを受信する。Unity アプリ

ケーションはファイル存在確認リクエストへのレスポンスに応じて、デバイス操作を検知し、VR 共有空間内でのイベントを実行するとともに、VR 共有空間を利用する他の参加者の Unity アプリケーションに対して、PUN2 経由でイベントの発生を通知する。これにより、VR 共有空間を利用する他の参加者の環境でもイベントおよびデバイスの操作に関し同様の動作が実行される。

5. 考察

本論文では、オンライン上でのコミュニケーションは対面より一体感が劣っていると考えオンライン上でのコミュニケーションにて対面に近い一体感を生み出すべく VR 共有空間を現実世界に拡張し、VR 共有空間と現実世界のイベント連動、参加者間のイベント共有の実装を行った。VR 共有空間と現実世界での双方向アプローチを実現し、VR 共有空間による視覚情報と連動した現実世界イベントにより触覚と嗅覚を刺激することで、従来のオンライン上でのコミュニケーションとは異なる空間共有を可能にした。これらの機能実現により対面でのコミュニケーションで参加者同士が同じ空間から得る一体感に近づけることを可能にした。

今回の実装では発生イベントは参加者の現実世界での行動や時限式起動でのイベント実行であり、参加者が行動することで仮想現実と現実世界が連動したイベントが発生する仕組みとなっている。今後は参加者がオンライン上でのコミュニケーション中に自然に空間を共有していることを感じるイベントの起動方法の検討を行う必要がある。加えてストレスや緊張を緩和させる効果のあるフィードバック [4]のように、現実世界へのフィードバック自体に意味や効果を持つ実装を検討していくことで、より対面に近い空間共有の感覚のみならず対面で得られる以上の一体感を得ることが出来ると考える。

6. まとめ

本論文では 3D 共有空間を現実世界に拡張し、複数の双方向フィードバックを実現するシステムについて述べた。複数の双方向フィードバックにより共有出来る感覚を増やすことで既存サービスに比べ対面の一体感に近づけることを目指した。こうした機能により、参加者同士が同じ空間に居るような一体感が生まれ、対面でのミーティングに近い効果が生まれことを確認した。

今後は、提案手法の有効性の検証や、フィードバックの起動方法、バリエーションを増やすことを予定している。

参考文献

- [1] 赤堀渉, 中谷桃子, 橋本遼, 山下直美, 在宅勤務が職場の関係性及びメンタルヘルスに及ぼす影響, インタラクシオン 2021 論文集, INT21001, pp.1-10, 2021.3.
- [2] 澤田枝里香, 淡路達人, 森下圭介, 古川正紘, 有賀友恒, 木村秀俊, 藤井智子, 武市隆太, 清水紀芳, 井田信也, 常盤拓司, 杉本麻樹, 稲見昌彦, 風を利用した入出力インタフェース: ビュー・ビュー・View, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 13 (3), pp.375-383, 2008.9.
- [3] 寺内涼太, 福島史康, 大津耕陽, 福田悠人, 小林貴訓, 久野義徳, 山崎敬一, 一体感を増強する遠隔ライブ参加システム, インタラクシオン 2019 論文集, 1B-32, pp.308-312, 2019.3.
- [4] 三浦光梨, 光岡宏海, 北野るな, 栗原渉, 有山大地, 串山久美子, オンライン会議における足元の触覚コミュニケーションシステムの提案, インタラクシオン 2021 論文集, 1B16, pp.243-245, 2021.3.