実空間の屋内構造を共有するAR非対称対戦ゲーム

沢登 優生[†1,a)]　入山 太嗣[†2]　小室 孝[†2]

概要：本研究では，AR HMD を装着したユーザーがいる屋内環境の構造をリモートユーザーに共有することで行われる，HMD ユーザーとリモートユーザーによる非対称な対戦ゲームを提案する．両ユーザーは互いに共有された空間へのインタラクションを行いながら，ゲーム内のオブジェクトを通じて間接的に対戦を行う．HMD ユーザーは一人称視点で，リモートユーザーは自由な視点を持ちながら対戦する．このような両者の非対称なセットアップを利用してゲーム内での在り方を差別化し，さらに，HMD ユーザーと同様に物理的な障害物によって動きが制限されるゲーム内キャラクターなど，屋内構造を利用したゲームシステムを作成することで，高い戦略性や没入感，社会的相互作用を実現することを目指す．

1. はじめに

近年，VR や AR の技術は大きく発展している．特に VR のヘッドマウントディスプレイ（HMD）である HTC Vive や Meta Quest は比較的安価で高性能であり，既に一般に普及している．一方，シースルーを特徴とする AR HMD は高価なものが多い．しかし，Microsoft HoloLens の様に高性能かつビジネスシーンで活用されている製品は存在する．

HMD を用いた研究には，リモートユーザーとの共同作業支援システムがある [1], [5]．これらの研究では，リモートコラボレーションのために視点映像や視線，ジェスチャなどを共有する手法などを提案している．これらを HMD に表示して提示することは，2D 映像よりも没入感があり，かつ直感的に指示を理解しやすいといった利点をもたらす．また，エンターテインメントのために HMD を活用する研究も存在する．Gugenheimer らは，物理的に同じ環境にいる HMD ユーザーと非 HMD ユーザーに同時に同じ VR ゲーム体験を提供するシステム，ShareVR を提案した [2]．また，彼らは非対称インタラクションに関するユーザーの意見や，実験から得られた考察を提示した．Kohen らは，HoloLens を用いて AR と従来のコンソールゲームを融合させた新しいリモートマルチプレイヤーゲーム，HoloFight を提案した [3]．さらに，Microsoft は実空間の構造を活用したシングルプレイヤーゲーム，RoboRaid を公開している [4]．RoboRaid は実空間と仮想環境を組み合わせることで，実空間をベースにしながらも非現実的な体験を高い没入感と共にユーザーに提供している．これらは，AR HMD の特徴であるシースルーを活用した AR 体験をエンターテインメントに活かすことが可能であることを示している．一方で，AR HMD は高価であり，複数の AR HMD を用いたマルチプレイヤーゲームは遊べる環境に大きな制限を伴う．

そこで，本研究では一台の AR HMD のみを利用して行うマルチプレイヤーゲームである AR 非対称対戦ゲームを提案する．対戦は AR HMD を装着した一人のユーザーと PC を用いるリモートユーザーによって行われる．HMD ユーザーのいる屋内環境をゲームのフィールドとし，そのフィールドをリモートユーザーと共有する．両ユーザーは共有されたフィールドにインタラクションを行いながら対戦する．HMD ユーザーのいる屋内環境がゲームの舞台となる性質上，HMD ユーザーは一人称視点となる．これに対し，リモートユーザーにはディスプレイに表示された屋内構造を自由な視点で見ることができるようにする．この二つの非対称な視点と実空間を活用したゲームシステムを実装し，高い戦略性や没入感，社会的相互作用を実現することが本研究の目的である．

2. AR 非対称対戦ゲーム

2.1 HMD の有無による非対称性の利用

提案するゲームは，HMD ユーザーと HMD を用いないリモートユーザーという非対称なセットアップからなる．HMD の有無による非対称なゲームプレイについて，ユーザーは同一の仮想シーンにおいて相手と異なる視点を持つことやパワーレベルの差異，インタラクション方法の違いを好む傾向にあることが明らかになっている [2]．

†1 現在，埼玉大学大学院理工学研究科数理電子情報専攻
†2 現在，埼玉大学大学院理工学研究科数理電子情報部門
a) y.sawanobori.509@ms.saitama-u.ac.jp

© 2023 Information Processing Society of Japan

このことを踏まえ，図 1 に示すように，HMD ユーザーは一人称視点でのシューティングゲームを，リモートユーザーは HMD ユーザーの周囲環境を自由に見られるリアルタイムストラテジーゲームをプレイするゲームシステムを設計する．ゲームは HMD ユーザーとリモートユーザーの対戦形式で行われる．リモートユーザーはディスプレイ上で屋内空間と HMD ユーザーの位置を確認しながらキャラクターを配置し，キャラクターに HMD ユーザーを攻撃させる．HMD ユーザーはリモートユーザーが出現させたキャラクターの攻撃を避けたり，倒したりする．また HMD ユーザーは，自身の物理的な移動やジェスチャ操作，AR により重畳表示されたボタン操作により回避や攻撃の動作を行う．

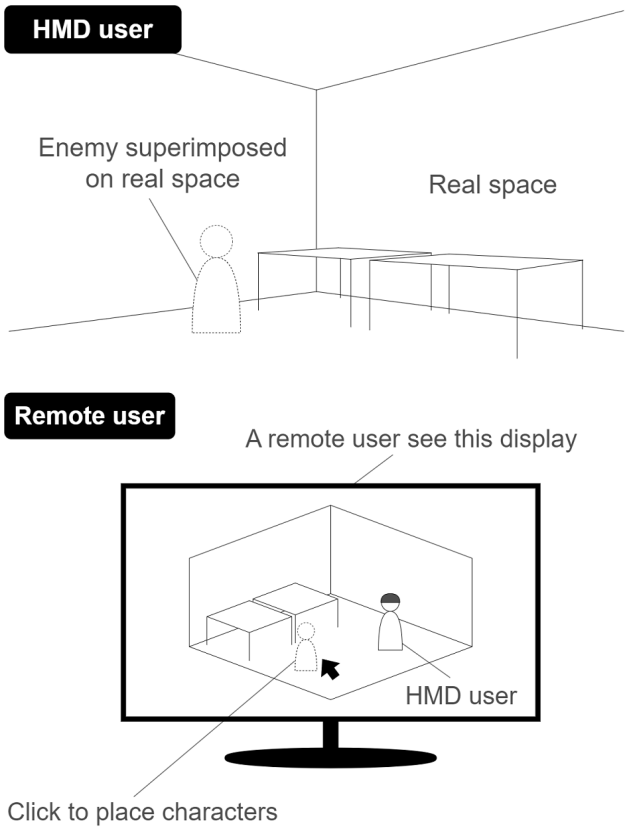

図 1　（上）HMD ユーザー視点でのゲームプレイ画面の設計，（下）リモートユーザー視点でのゲームプレイ画面の設計

2.2　屋内構造の利用

ゲームの面白さの要因の一つには戦略性があると考えられる．提案するゲームでは一定の広さと障害物が存在する屋内を想定し，さらに屋内構造による行動の制限を受ける 3 種類のキャラクターを設計する．1 つ目は，図 2(a) のように壁や床などの平面上に固定され，砲台のように機能するものである．2 つ目は，図 2(b) のように床などの平面を移動できるが，HMD ユーザーと同じく机などの障害物に移動を阻害されるものである．3 つ目は，図 2(c) のように空を飛ぶことで障害物の影響を少なく移動できるものである．ただし，いずれのキャラクターも壁や机をすり抜けるなどの実物体を無視した移動は行わない．

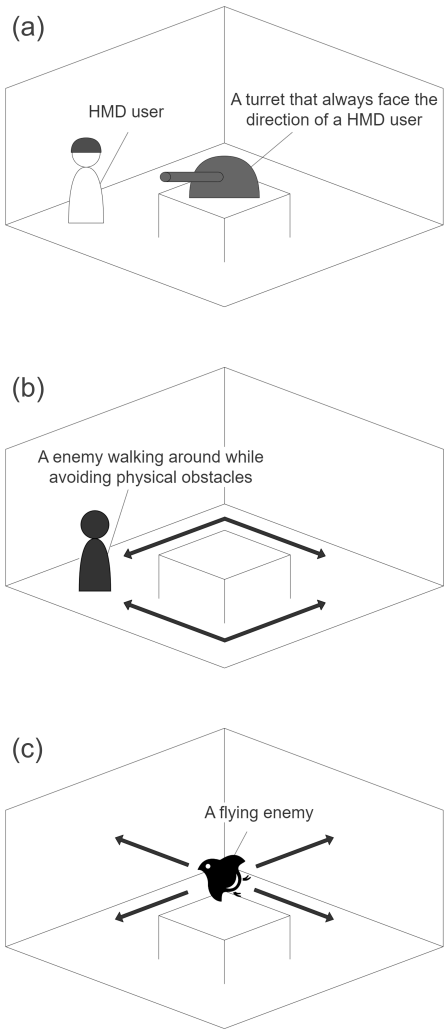

図 2　(a) 平面上に固定されるキャラクター，(b) 平面上を移動するキャラクター，(c) 空を飛ぶキャラクター

3.　実装

3.1　システム構成

AR HMD には，光学シースルー型ヘッドマウントディスプレイである Microsoft HoloLens2 を用いた．リモートユーザーはデスクトップ PC とディスプレイを利用する．両ユーザー用のアプリケーションの開発には Unity を利用した．また，HoloLens2 用のアプリケーション開発支援ツールである Mixed Reality Toolkit を利用した．屋内構造の認識には HoloLens2 の機能である Scene Understanding を用い，リモートユーザーとの共有には Photon Unity Networking を利用した．

3.2　試作システム

試作システムは，簡易化のためにリモートユーザー側の

© 2023 Information Processing Society of Japan

人数が一人であることを前提として作成した．試作システムのプレイ画面を図 3 に示す．これは平面に固定されたキャラクターと HMD ユーザーが対峙する様子である．図 3 の左図はリモートユーザーの画面を示しており，HMD ユーザーの位置姿勢は手前の白い球で，HMD ユーザーのいる屋内環境の構造は白い球を囲うようにして広く配置された色付きの平面で表される．また，リモートユーザーはキーボードとマウスの操作により自由に視点を変えることができる．

リモートユーザーは屋内構造の平面をクリックしてキャラクターを配置する．配置位置に制限は無く，天井や壁に配置することも可能である．クリックしてからキャラクターが実際に配置されるまでには 2 秒程度の時間があり，図 4 のような視覚的なエフェクトとサウンドによって HMD ユーザーに事前に警告される．また，提案したゲームデザインをもとに 3 種類のキャラクターを実装した．平面に固定されるキャラクターは図 3 にある砲台を模した半球のオブジェクトである．平面を歩くキャラクターと空を飛ぶキャラクターはそれぞれ図 5 に示す．

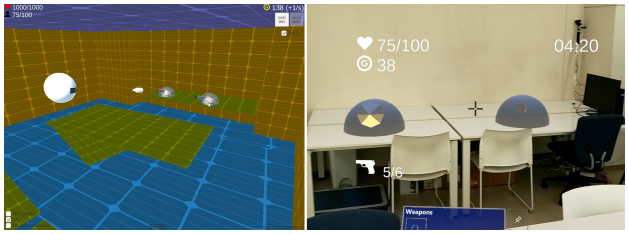

図 3　（左）リモートユーザーのゲームプレイ画面，（右）同時刻での HMD ユーザーのゲームプレイ画面

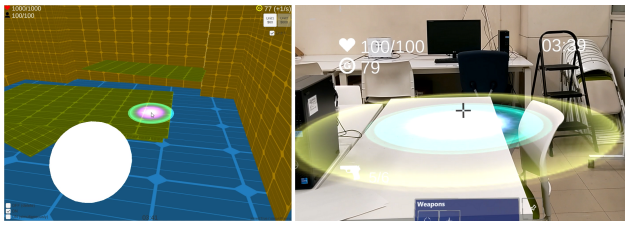

図 4　キャラクター配置時の視覚エフェクト

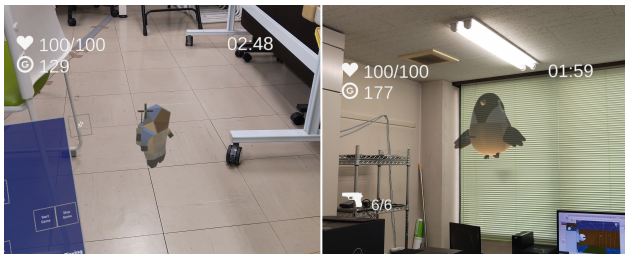

図 5　（左）平面を歩くキャラクター，（右）空を飛ぶキャラクター

4.　おわりに

本研究では，AR HMD を装着した一人のユーザーがいる屋内環境の構造をリモートユーザーに共有し，互いに共有された空間へのインタラクションを行うことで対戦する，AR 非対称対戦ゲームを提案した．提案するゲームシステムは，HMD 対非 HMD の非対称性や屋内構造を利用した設計であり，これにより高い没入感や戦略性を得ることを期待する．また，提案したゲームシステムに基づくアプリケーションを試作した．

今後は，試作システムを用いて提案するゲームの没入感や社会的相互作用などの評価を行う予定である．

参考文献

[1] Bai, H., Sasikumar, P., Yang, J. and Billinghurst, M.: A User Study on Mixed Reality Remote Collaboration with Eye Gaze and Hand Gesture Sharing, *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI ’20, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 1–13 (online), DOI: 10.1145/3313831.3376550 (2020).

[2] Gugenheimer, J., Stemasov, E., Frommel, J. and Rukzio, E.: ShareVR: Enabling Co-Located Experiences for Virtual Reality between HMD and Non-HMD Users, *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI ’17, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 4021–4033 (online), DOI: 10.1145/3025453.3025683 (2017).

[3] Kohen, S., Elvezio, C. and Feiner, S.: HoloFight: An Augmented Reality Fighting Game, *ACM SIGGRAPH 2021 Immersive Pavilion*, SIGGRAPH ’21, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, (online), DOI: 10.1145/3450615.3464531 (2021).

[4] Microsoft: Get RoboRaid - Microsoft Store, Microsoft Corporation (online), available from ⟨https://www.microsoft.com/en-us/p/roboraid/9nblggh5fv3j⟩ (accessed 2023-07-13).

[5] Oda, O., Elvezio, C., Sukan, M., Feiner, S. and Tversky, B.: Virtual Replicas for Remote Assistance in Virtual and Augmented Reality, UIST ’15, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 405–415 (online), DOI: 10.1145/2807442.2807497 (2015).

© 2023 Information Processing Society of Japan