

ユーザの姿勢検出と透過型HMDを用いた ゲームエクスペリエンス拡張システム

梶山 隼^{1,a)} 井上 亮文¹ 星 徹¹

概要: 本論文ではオフラインのコンソールゲームをするユーザに透過型ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を装着してもらい、ゲームエクスペリエンスを拡張するシステムを提案する。本システムでは、ユーザ同士で共有する映像を共有画面に表示し、個々のユーザに対してのみ表示する映像を透過型 HMD 上に表示する。共有画面や共有画面周辺の実空間と、透過型 HMD に表示した映像を重畳しつつゲームをすることで、複数人でのゲームプレイ時の映像過多を整理する。また、深度カメラを用いてユーザの姿勢や位置をリアルタイムで取得し、ユーザ同士の対面コミュニケーションを促進する映像を表示する。評価実験の結果、表現するコンテンツや画像サイズの補正ともに改善の余地があるものの、本システムのコンセプトが概ね受け入れられていることが確認できた。

キーワード: 透過型 HMD, 対面コミュニケーション, コンソールゲーム

Enhancing Gaming Experience System Using See-Through Head Mounted Display and Posture Detection of Users

HAYATO KAJIYAMA^{1,a)} AKIFUMI INOUE¹ TOHRU HOSHI¹

Abstract: In this paper, we propose a system that enhances gaming experience for off-line-console gamers. This system displays common scene for all players on a shared monitor, and it displays player-specific information on each player's see-through head-mounted display (HMD). Splitting information in a single monitor into multiple displays makes shared monitor appearance be clear. The system also captures the postures of the players in real-time using a depth camera and displays effective images to enhance face-to-face communications of the players. Experimental results showed that the concept of the system was accepted by the subjects despite the composition accuracy and the contents of the prototype game itself.

Keywords: See-Through Head Mounted Display, Co-located Communication, Console Game

1. はじめに

スマートフォンや高速インターネット環境の発展によりオンラインゲームが急速に普及しているが、据置型ゲーム機を対象としたオフラインのコンソールゲーム (オフラインゲーム) も依然として根強い人気がある。中でも、任天堂社の Wii リモコン [1] や Microsoft 社の Xbox Kinect [2] のような身体動作を使った入力デバイスの登場以降、パー

ティーゲームやスポーツゲームのように家族や友人と多人数で楽しめるゲームの人気の非常に高くなっている [3]。こういった複数人用のオフラインゲームは、説明書を見つつ会話しながら進めたり、相手の表情を見て行動を推測するといったコミュニケーションを取りつつ進めるのが一般的である。また、オフラインゲームは社会的相互作用を高めることが分かっている [4]。

オンラインゲームとオフラインゲームの多人数プレイにおける違いは 2 つある。1 つ目の違いは、ゲームの情報を表示する画面の数である。オンラインゲームでは各ユーザ

¹ 東京工科大学 コンピュータサイエンス学部
School of Computer Science, Tokyo University of Technology
^{a)} c0110132de@edu.teu.ac.jp

に1つの画面が用意される。そのため、ユーザ個々の画面に適切な情報を分割できる。一方、オフラインゲームでは、複数人で1つの画面を共有する。全ての情報が1つの画面に表示されるため、ゲーム画面が雑然としてしまう。また、全ての情報が他のユーザに見えてしまうため、ゲームの内容や戦略にも制限が出てしまう。2つ目の違いは、ユーザ間のコミュニケーション量とその容易さの違いが挙げられる。オンラインゲームではビデオチャットにより会話など情報の伝達を可能としている。しかし、同じ空間にいることで伝わる視線・表情・仕草といった非言語情報や、身体的接触による触覚情報は交換することはできない。一方、オフラインゲームではユーザ同士が空間を共有するため、非言語情報や触覚情報をリアルタイムに交換することができる。

本システムでは、ユーザ同士で共有する映像をユーザ同士の共有画面に、個々のユーザに対して表示する映像を透過型HMD上にそれぞれ分割し表示する。共有画面や共有画面周辺の実空間と、透過型HMD上に表示した映像を重畳しつつゲームをすることで、複数人でのゲームプレイ時の映像過多を整理する。また、深度カメラを用いてユーザの姿勢や位置をリアルタイムで取得し、ユーザ同士の対面コミュニケーションを促進する映像を表示する。

第2章では本研究の関連技術を述べる。第3章ではユーザの姿勢検出と透過型HMDを用いたゲームエクスペリエンス拡張システムの概要を述べる。第4章では実装について述べる。第5章では本研究の運用実験と結果、それに対する考察について述べる。第6章では本研究により実現したことと問題点、今後の展望について述べる。

2. 関連研究

大島らは仮想空間と現実空間を融合した映像の臨場感と、複合現実空間の3次元性を重視したゲームコンテンツRV-Boarder Guards[5]を実装した。RV-Boarder Guardsでは複数人のユーザはCCD^{*1}と磁気センサ付きの透過型HMDと、磁気センサ付きの装具を腕に装着しゲームを行う。ゲーム開始されるとユーザの装着する透過型HMD上に仮想敵が表示される。腕を引く・伸ばすといったジェスチャを利用することで、仮想的なビームを射出し、透過型HMD上に投射された仮想敵を打ち落とすというゲームとなっている。この研究ではMR技術を利用し、ゲームを行うユーザの臨場感等のゲームエクスペリエンスを向上している。しかし、RV-Boarder Guardsには共有画面が存在しない。また、専用のデバイスが必要である。

共有画面を見ながら、オフラインゲームの多人数プレイ時に個々人に合わせたコンテンツ表示を可能とした技術として、任天堂社のWiiU[6]がある。WiiUはゲームをする

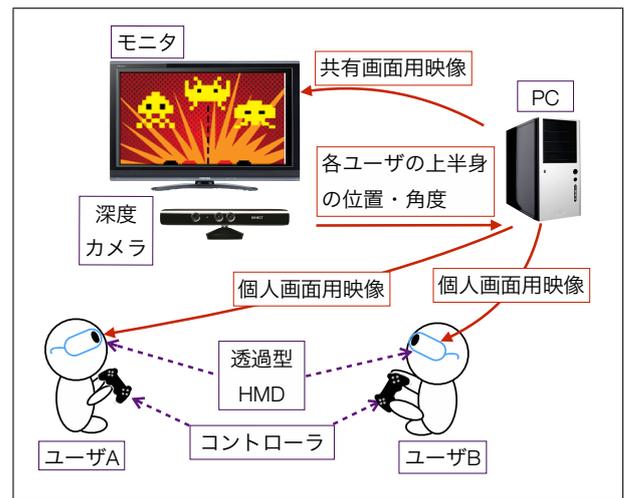


図1 システム概要

Fig. 1 The overview of System.

複数ユーザに、GamePadと呼ばれるタッチスクリーンを搭載したコントローラが与えられるため、表示する映像を共有画面と個別画面に分割しつつゲームを進められる。しかし、共有画面と個別画面を相互に見る際には視線を移す必要があるため、両者を同時に見ることは難しい。また、どちらかを注視してしまうため、対面でのコミュニケーションが減少してしまう。

Xuらは複数人のユーザが背面カメラ付きのハンドヘルド型ゲーム機(Gizmond)を手に持ち、Gizmond越しに共有画面を見つつARゲームをするシステムBragFish[7]を提案している。BragFishでは、テーブルに設置された共有画面上にARマーカを設置し、Gizmondと共有画面を重畳表示させ、Gizmond上に表示される仮想オブジェクトを操作しつつゲームをする。この研究では、共有画面と個別画面を同時に見ることが出来る。また、評価よりBragFishでは社会的相互作用やユーザ同士の気づきを促進できている事が確認できている。しかし、共有画面上にはARマーカを表示する必要があるため、映像を動的に変化させることができない。

Kasaharaらは拡張現実感を利用し、創造的な協調作業を促進するシステムSecond Surface[8]を提案している。Second SurfaceではiPadの背面カメラを通して実世界上の一定の空間を見たときに、その空間に対して絵を描くことや、描かれた絵を見ることが出来る。この研究は屋外や観光などのコミュニケーションを対象とした研究である。本研究では屋内の対面環境下でオフラインゲームをする状況での、ユーザ同士のコミュニケーションの拡張を目指す。

3. ユーザの姿勢検出と透過型HMDを用いたゲームエクスペリエンス拡張システム

3.1 概要

図1に提案システムの概要を示す。本システムは各ユー

*1 CCDは固体撮像素子のひとつ。ビデオカメラ、デジタルカメラ、光検出器などに広く使用されている半導体素子。

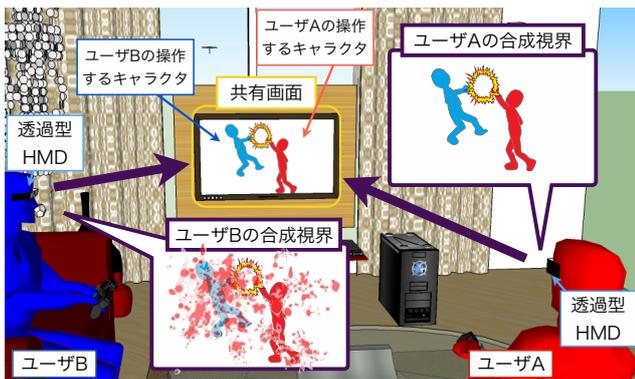


図 2 Visual Splitter の利用例
 Fig. 2 The usage examples of Visual Splitter.

が装着する透過型 HMD, 各ユーザの上半身の骨格の位置・向きを取得する深度カメラ, 共有画面及び透過型 HMD に表示する映像の生成とゲームを実行する PC, 共有画面を表示するモニター, ゲームを操作するコントローラから構成される。

システムの流れを以下に示す。(1) 複数人のユーザは透過型 HMD を装着し, オフラインゲームを始める。(2) 深度カメラより各ユーザの上半身の骨格の位置・向きを検出する。(3) PC が各ユーザの上半身の骨格の位置・向きに合わせた映像を生成し, 共有画面と透過型 HMD 上に表示する。(4) ユーザは共有画面を含めた周囲の実空間と, 自身の透過型 HMD に表示された映像を重ねつつゲームを続ける。処理 (2) から (4) を繰り返す。またこのときユーザが透過型 HMD 越しに見た視界のことを合成視界と呼ぶ。

本システムの機能を 2 つ提示する。1 つ目は, 共有画面に対して透過型 HMD 上に映像を付加することにより, 個人に合わせたエフェクト表示など映像の整理を行う Visual Splitter である。2 つ目は, ユーザ間のコミュニケーションを増加させるため, ゲーム事象を拡張した映像を表示する Communication Enhancer である。

3.2 Visual Splitter

Visual Splitter とは, 共有画面にユーザ全員で共有する情報を, 透過型 HMD にはユーザ個別の映像を表示し共有画面の映像を整理する機能である。図 2 に Visual Splitter の利用例を示す。ユーザ A の操作するキャラクターがユーザ B の操作するキャラクターを攻撃した場合, 共有画面上ではなくユーザ B の透過型 HMD 上の画面 (HMD 画面) のみにダメージを受けたというエフェクトが表示される。ユーザ A の合成視界には無駄な情報が表示されなくなり, ユーザ B の合成視界には必要な情報が表示される。共有画面と HMD 画面を重ねてゲームをすると, 共有画面が雑然とすることがない。また, ゲームの戦略上で他のユーザに見せたくない情報を秘匿できるため, 遊び方の幅が広がる。



図 3 Communication Enhancer 利用例
 Fig. 3 The usage examples of Communication Enhancer.

3.3 Communication Enhancer

Communication Enhancer とは, 共有画面周辺の実空間を見ているユーザの透過型 HMD に映像を表示する機能である。他のユーザや背後の壁などと HMD 画面上の映像を重ねることで, ユーザ同士の対面コミュニケーションを活性化させる。図 3 に Communication Enhancer の利用例を示す, ユーザ B がクマのキャラクターを操作していると。このとき, ユーザと操作するキャラクターが対応づけられているため, ユーザ A がユーザ B を見ると, ユーザ A の合成視界ではユーザ B の頭部がクマに見える。ゲームが共有画面内に限らず, 実空間でもゲーム事象の拡張が行われているため, ユーザ間での対面コミュニケーションが誘発される。

3.4 映像サイズの補正

透過型 HMD を装着したユーザと共有画面の距離が変化した場合, ユーザから見た HMD 画面上の映像サイズが変わらないのに対し, ユーザから見た共有画面のサイズは近づくほど大きくなり, 遠ざかるほど小さくなる。そのため, 透過型 HMD 上の映像を共有画面と同じサイズに補正する必要がある。HMD 画面サイズの補正式を式 1, 式 2 に示す。ここで, H_x は HMD 画面の横の長さ, H_y は縦の長さ, H_z はユーザの目から HMD 画面までの距離である。 T_x は共有画面の横の長さ, T_y は縦の長さ, T_z は共有画面から HMD 画面までの距離である。

$$H_x = \frac{H_z \times T_x}{T_z} \quad (1)$$

$$H_y = \frac{H_z \times T_y}{T_z} \quad (2)$$

4. プロトタイプシステム

本章では, 提案したシステムのプロトタイプの構成について述べる。

4.1 システム構成

図 4 に本システムの外観を示す。ユーザの上半身の位置を取得するための深度カメラとして Kinect for Windows を

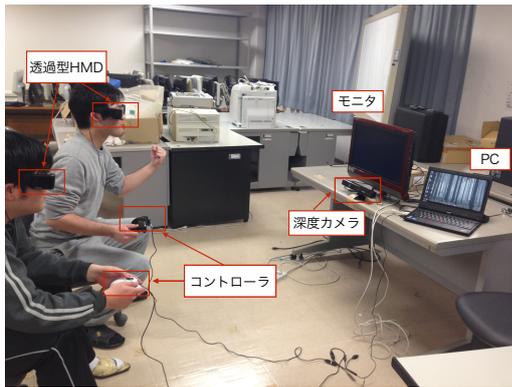


図 4 プロトタイプ構成

Fig. 4 The architecture of Prototype.

利用した。共有画面を表示するモニターとして、アナログ出力に対応した 20 インチのテレビである SHARP の LC20D50 を使用した。ゲーム上のキャラクタを操作するコントローラとして Unity に対応した JC-U2410T を 2 台使用した。ユーザに装着してもらった透過型 HMD として EPSON の MOVERIO BT-100 を利用した。ユーザがオフラインゲームをプレイ中に室内を自由に移動可能にするためには、透過型 HMD は無線接続形式であることが望ましい。BT-100 は Android 端末と一体型になっており、Android 端末から透過型 HMD に映像を表示できる。そのため、有線で PC と接続しなくても、無線通信を行うことで PC 上で実行されているゲームと同期することが可能である。

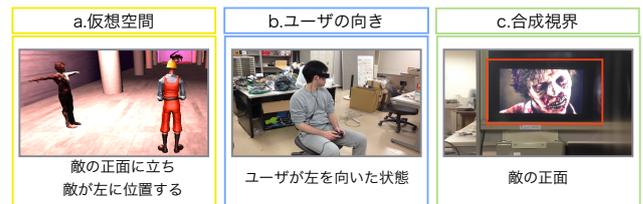
動作 OS として、PC は Windows7、BT-100 は Android2.2 を利用した。ゲームを実行するプログラムはゲームエンジンである Unity4.2 と C# で開発した。ユーザのボーンを取得するプログラムは Kinect for Windows SDK 1.7 と C# で開発した。BT-100 にゲームと同期して映像の切り替え等を行うプログラムは Android SDK 4.4 と Java で開発した。

4.2 ゲーム概要

今回実装したプロトタイプのゲームは 3 人称視点のアクションゲームである。ユーザはコントローラでゲーム上のキャラクタを操作し、ゲーム上のフィールドを移動するゲームとなっている。フィールド上には自販機オブジェクト(自販機)や敵オブジェクト(敵)といったオブジェクトが存在する。共有画面の上半分にユーザ A のプレイ画面を表示し、下半分にユーザ B のプレイ画面を表示することにより 2 人同時プレイを可能としている。

4.3 Visual Splitter 実行画面

図 5、図 6 に Visual Splitter を実装した図を示す。図 5 は他ユーザの映像を遮断する機能である。透過型 HMD 上に不透明な白色の枠が表示され、相手ユーザの操作画面がマスクされる。自身がプレイしている様子を相手ユーザに



仮想空間と実空間を対応づけた例(1)



仮想空間と実空間を対応づけた例(2)

図 7 仮想空間と実空間の結び付け

Fig. 7 A linking of real space and virtual space.

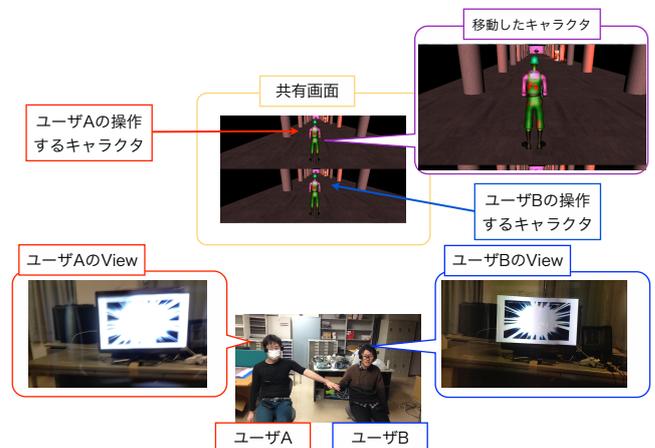


図 8 ユーザ同士のタッチ入力

Fig. 8 A touch input of between users.

秘匿できるため、対戦型ゲームの遊び方を広げることができる。

図 6 はエフェクトを分割する機能である。ユーザ A の操作するキャラクタが自販機の前には立っているとき、ユーザ A の合成視界には自販機のメニュー画像が表示される。一方、ユーザ B の合成視界では、ユーザ A の情報がマスクされたままである。ユーザ依存の画面を透過型 HMD 上に分散できるため、共有画面が雑然としない。

4.4 Communication Enhancer 実行画面

図 7、図 8 に Communication Enhancer を実装した図を示す。図 7 は仮想空間のキャラクタの位置と実空間のユーザ頭部の位置を結びつけ、HMD 画面に敵の映像を表示する機能である。例 (1) ではゲーム内でユーザの操作するキャラクタが敵の正面に立ち、キャラクタから見て敵が左に位置する場合、ユーザが左を向くと敵の顔面映像が HMD 画面に表示される。実空間でユーザは右を向くと、

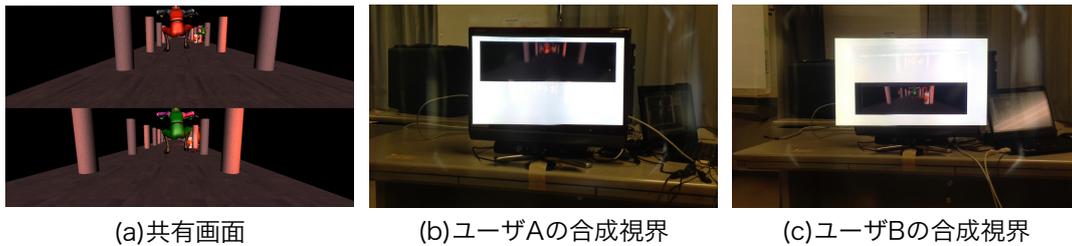


図 5 他ユーザの映像遮断

Fig. 5 An Image cut-off of other users.



図 6 エフェクト分割

Fig. 6 An effects splitting.

ユーザの HMD 画面には何も表示されない。また、例 (2) ではキャラクタが敵の背面に立ち、敵が右に位置する状態でユーザが右を向くと HMD 画面に敵の背面映像が表示される。ユーザの視界に仮想空間の敵が表示されることで、対面コミュニケーションが増加する。

図 8 では、ユーザ同士のタッチをゲームの入力に用いる機能である。ユーザ同士が手を合わせると、各ユーザの HMD 画面に発光エフェクトが発生する。エフェクトが表示されている間、ユーザ A の操作するキャラクタの位置に、ワープアイテムをもっているユーザ B の操作するキャラクタが移動するといった動作が起きる。手を触れるアクションからユーザ同士の対面コミュニケーションが誘発される。

5. 評価実験

実装したプロトタイプシステムを利用し、映像サイズ補正精度評価実験及びアンケート評価を行った。

5.1 映像サイズ補正精度評価

大学生の被験者 9 名 (22 歳, 全員男性) に対し、頭部を動かしたときの、共有画面と HMD 画面の映像サイズ一致度を求めた。

図 9 に測定環境を示す。ユーザには①から⑨の場所で透過型 HMD をつけながら評価用ボードの中心方向を見てもらい、透過型 HMD 上の映像が評価用ボードのどこに位置するかを答えてもらい、そのズレを検証した。評価用ボード青色の面部分が実装に用いた共有画面のサイズと同様の 20 インチ (横 44 cm × 縦 25 cm) のモニターと同様のサイズと

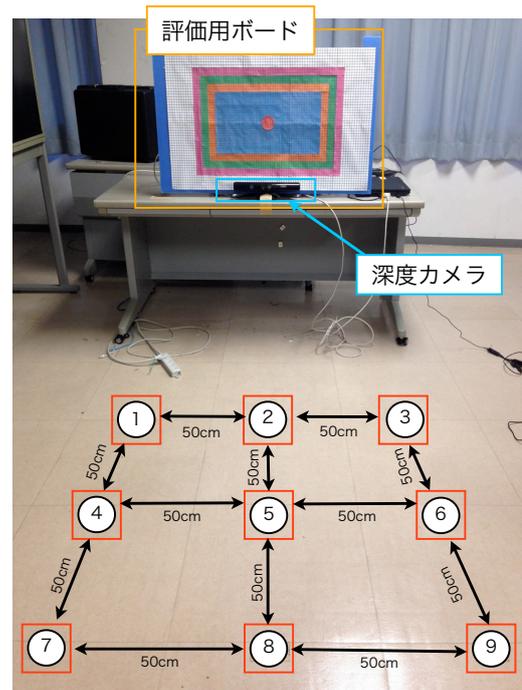


図 9 実験環境の概要

Fig. 9 The overview of Evaluation experiment.

なっている。オレンジの枠は横 50 cm × 縦 31 cm、緑の枠は横 56 cm × 縦 37 cm、ピンクの枠は横 62 cm × 縦 43 cm となっている。

5.1.1 方法

- (1) 被験者は透過型 HMD を装着し、評価用アプリを起動する。
- (2) 被験者には②番の位置に移動してもらい、透過型 HMD

表 1 実験 1 の結果 (座り・青枠)

Table 1 The Results of Experiment 1 (Sitting-Blue frame)

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
青	0	9	1	0	0	0	0	0	0
オレンジ	8	0	6	4	8	3	3	5	1
緑	1	0	2	5	1	6	3	2	5
ピンク	0	0	0	0	0	0	1	1	1
枠外	0	0	0	0	0	0	2	1	2

表 2 実験 2 の結果 (座り・橙枠)

Table 2 The Results of Experiment 2 (Sitting-Orange frame)

	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
オレンジ	2	9	1	0	0	0
緑	3	0	6	4	7	4
ピンク	4	0	2	4	2	3
枠外	0	0	0	1	0	2

表 3 実験 3 の結果 (立ち・橙枠)

Table 3 The Results of Experiment 3 (Standing-Orange frame)

	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
オレンジ	1	9	1	0	0	0
緑	8	0	6	4	9	3
ピンク	0	0	2	5	0	6
枠外	0	0	0	0	0	0

に表示されたキャリブレーション用の画像と評価用ボードの青色の面が重なる位置に頭部を移動してもらい、重なった時に BT-100 をタップして初期位置を記録する。

(3) 前後左右 50 cm 間隔の①から⑨の計 9 箇所に移動してもらい、移動した場所から評価用ボードの中心を見てもらう。このとき、透過型 HMD の映像が重畳されている評価用ボードの色枠を答えてもらう。

以上 (1) から (3) の手順を用いて、以下に示す 3 種類の実験を実施した。

実験 1: 被験者はキャスター付きの椅子に座り (1) から (3) の手順を行う。被験者が前後左右に移動した時、HMD 画面に表示されている映像が補正されているか確認する。

実験 2: 被験者はキャスター付きの椅子に座り (2) の評価用ボードの青色の面をオレンジの枠に、(3) の移動する範囲を④から⑨に変更し、(1) から (3) の手順を行う。計測結果を実験 1 と比較することで、画面サイズの追従性があるか確認する。

実験 3: 被験者は立った状態で実験 2 と同様のタスクを行う。計測結果を実験 2 と比較することで、ユーザの身長等の違いで映像の補正に違いがあるか確認する。

5.1.2 結果及び考察

実験 1 の結果を表 1 に示す。結果の丸付き数字は被験者の位置を表し、青、オレンジといった色は評価用ボードの枠を表す。数字は回答人数の合計を表す。被験者が深度カ

表 4 アンケート結果「他ユーザの映像遮断」

Table 4 The questionnaire results of "An Image cut-off of other users."

他ユーザの操作画面が見えたか	人数
全て見えた	3 名
少し見えた	2 名
見えなかった	3 名

メラに対し左右に位置する方が、正面に位置するよりもずれが大きかった。ユーザが左右から評価用ボードの中心を見た際に、評価用ボードに対し透過型 HMD に表示される画像が台形に表示されるため、映像のズレが発生されたのではないかと考えられる。また深度カメラからの距離が増えるほど誤差が大きくなることが分かった。画像サイズ補正アルゴリズムの見直しが必要である。

実験 2 の結果を表 2 に示す。表 1 の①-⑥と表 2 の④-⑨の結果を比較すると、共有画面が大きい場合の方が若干ずれが大きくなることが分かった。画像サイズ補正アルゴリズムは画面サイズに対して追従性が低いと考えられる。

実験 3 の結果を表 3 に示す。表 2 と表 3 の結果を比較すると、ユーザが座っている状態と、立っている状態に大きく差がないことが分かった。画像サイズ補正アルゴリズムは頭部の上下位置に対して追従性が高いと考えられる。

5.2 アンケート評価

大学生の 2 人 1 組の 4 組 (22 歳, 全員男性) に対し、本システムのプロトタイプをプレイしてもらいアンケート評価を行った。また、プロトタイププレイ時の被験者の行動をビデオカメラに記録した。

5.2.1 方法

利用後に回答してもらったアンケートの結果とビデオカメラのログを合わせることで、本システムの実装が妥当であるか、コンセプトが受け入れられているかを考察する。被験者には本システムに実装されているインターフェースの操作方法の説明を受けた後に、以下のタスクを行ってもらった。

- (1) 各ユーザが操作するキャラクタを自販機の前まで移動してもらおう。
- (2) 敵が左に写る状態にキャラクターを移動し、ユーザ自身の頭部を左に向けてもらおう。
- (3) 敵が右に写る状態にキャラクターを移動し、ユーザ自身の頭部を右に向けてもらおう。
- (4) ユーザ同士に手を合わせてもらおう。
- (5) その後 1 分間ほど自由に遊んでもらおう。
- (6) ユーザが操作するキャラクタをゴール (ピアノオブジェクト) まで移動してもらいゲーム終了する。

5.2.2 結果及び考察

最初に、相手画面をマスクする映像を表示したときに相

表 5 アンケート結果「頭部動作に対する気付き」

Table 5 The questionnaire results of "An Awareness with respect to the head motion."

他被験者の動作が気になったか	人数
とても気になった	1名
少し気になった	1名
あまり気にならなかった	3名
全然気にならなかった	3名

表 6 アンケート結果「透過型 HMD 装着感」

Table 6 The Questionnaire results of "A See-Through Head Mounted Display wearing feeling."

眼鏡の有無	透過型 HMD の装着時にストレスを感じたか	人数
有	とても感じた	2名
無	とても感じた	2名
有	すこし感じた	2名
無	すこし感じた	2名
有	感じなかった	0名
無	感じなかった	0名

手の画面が見えたか質問した。表 4 に結果を示す。8 人中 5 人が見えなかった、また少し見えたと回答している。Visual Splitter により映像の整理ができていることが確認できる。見えたと答えた人の中には、マスク映像が薄かったと回答している人もおり、透過型 HMD の性能限界であるとも考えられる。

次に、共同被験者の頭部動作に対する気付きについて質問した。表 5 に結果を示す。8 人中 6 人が気にならなかったと回答している。ビデオログの解析からも他ユーザが頭部を回す動作に反応を示すような仕草は見受けられなかった。今回実装したプロトタイプでは Communication Enhancer により、視覚的なコミュニケーションが誘発されていないことが確認できた。しかし、ビデオログの解析より組によってはユーザ同士のタッチが積極的に行われており、触覚コミュニケーションが誘発されていることが確認できた。

最後に、透過型 HMD の装着感について質問した。表 6 に結果を示す。全ての被験者がストレスを感じたと回答している。ビデオログを解析すると、眼鏡を装着している被験者は透過型 HMD の脱着に手間取っていることが多かった。しかし、アンケート結果を見ると、眼鏡の有無にかかわらず透過型 HMD を装着するとストレスを感じていることが確認できた。

6. おわりに

本論文では、ユーザの姿勢検出と透過型 HMD を用いたゲームエクスペリエンス拡張システムの提案と実装を行った。プロトタイプシステムでは提案した Visual Splitter と Communication Enhancer を実装し、オフラインゲームプレイ中の共有画面上の映像の整理、ユーザ同士のコミュニ

ケーションの促進を行った。実験結果から表現するコンテンツや画像サイズの補正ともに改善の余地があるものの、本システムのコンセプトが概ね受け入れられていることが確認できた。

今後の課題として透過型 HMD 越しに左右から見たときに行う台形補正や、ユーザの頭部の向きによる映像位置の補正を行う必要がある。また、最適なコンテンツや利用法も改めて検討していく必要がある。

参考文献

- [1] : Wii, (online), available from (<http://www.nintendo.co.jp/wii/>) (accessed 2013-08-29).
- [2] : Kinect, (online), available from (<http://www.xbox.com/ja-JP/kinect>) (accessed 2013-08-29).
- [3] : ゲームソフト年間売上ランキング 2013 (オンライン), 入手先 (http://gcompass.sp.land.to/rank/2013_hard.html) (参照 2014-01-30)
- [4] Voids, A. and Greenberg, S.: Wii All Play: The Console Game As a Computational Meeting Place, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '09, New York, NY, USA, ACM, pp. 1559–1568 (online), DOI: 10.1145/1518701.1518940 (2009).
- [5] 大島登志一, 佐藤清秀, 山本裕之, 田村秀行: RV-Border Guards : 複数人参加型複合現実感ゲーム (特集複合現実感), 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 4, No. 4, pp. 699–705 (オンライン), 入手先 (<http://ci.nii.ac.jp/naid/110008746684/>) (1999).
- [6] : WiiU, (online), available from (<http://www.nintendo.co.jp/wiui/>) (accessed 2013-08-29).
- [7] Xu, Y., Gandy, M., Deen, S., Schrank, B., Spreen, K., Gorbisky, M., White, T., Barba, E., Radu, I., Bolter, J. and MacIntyre, B.: BragFish: Exploring Physical and Social Interaction in Co-located Handheld Augmented Reality Games, *Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, ACE '08, New York, NY, USA, ACM, pp. 276–283 (online), DOI: 10.1145/1501750.1501816 (2008).
- [8] Kasahara, S., Heun, V., Lee, A. S. and Ishii, H.: Second surface: multi-user spatial collaboration system based on augmented reality, *SIGGRAPH Asia 2012 Emerging Technologies*, SA '12, New York, NY, USA, ACM, pp. 20:1–20:4 (online), DOI: 10.1145/2407707.2407727 (2012).