

# MR Coral Sea

## フィジカル MR ディスプレイによる複合現実型アクアリウム

田中友麻<sup>†1</sup> 田中千遥<sup>†2</sup> 大島登志一<sup>†1</sup>

MR Coral Sea は、複合現実感 (MR) を用いたインタラクティブ水族館システムであり、MR の映像体験と「サンゴディスプレイ」を介して、バーチャルな魚と遊ぶことができる。ユーザの手の位置を検出し、魚はこれに反応して泳ぐ。サンゴディスプレイは、現実のフィールドにも物理的なフィードバックを提示することで MR 体験を多感覚的に増強し、HMD を装着しなくてもバーチャル空間での事象を直接的に体感できる「フィジカル MR ディスプレイ」である。これにより、HMD による主観視点体験を主軸にししながら、プレイヤと共に周囲の観客も一緒に楽しめる。

### MR Coral Sea - Mixed Reality Aquarium with Physical MR Display

Yuma TANAKA<sup>†1</sup> Chiharu TANAKA<sup>†2</sup>  
Toshikazu OHSHIMA<sup>†1</sup>

MR Coral Sea is a mixed-reality (MR) aquarium using which a user can play with virtual fish via Coral Display, which is a physical MR display device. In response hand movements, the virtual fish comes and the device provides illumination and tactile and auditory feedback to the user.

#### 1. はじめに

著者らは、HMD (Head-Mounted Display) による主観視点体験を主軸にししながら、プレイヤと共に周囲の観客も一緒に楽しめる MR (Mixed Reality : 複合現実感) エンタテインメントの創出を目指している。その一環として、現実のフィールドに物理的なフィードバックを提示することで MR 体験を多感覚的に増強し、HMD を装着しなくてもバーチャル空間での事象を直接的に体感できる「フィジカル MR ディスプレイ」に取り組んでいる。

MR Coral Sea は、MR によるインタラクティブな水族館体験システムである。ユーザは MR 映像体験とフィジカル MR ディスプレイの「サンゴディスプレイ」を介して、バーチャルな魚と遊ぶことができる。ユーザの手の位置を検出し、魚はこれに反応して泳いでくる。魚の位置によってサンゴディスプレイが反応し、光および振動と音を提示する。図 1 に MR Coral Sea のコンセプトイメージを示す。

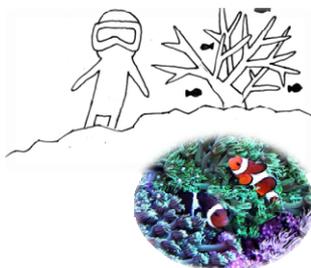


図 1 コンセプトイメージ

Figure 1 Concept image of MR Coral Sea

本システムでは、HMD ベース、モニタ (スクリーン) ベース、プロジェクションベースの 3 種類の MR 体験を選択することが可能である。HMD ユーザ以外の観客でも、スクリーンやサンゴディスプレイを含む現実空間を直視することによって MR 空間を共有し複数人での体験を増強できると期待される。図 2 に現実空間の様子を示し、図 3 に HMD ユーザの主観視点映像を示す。

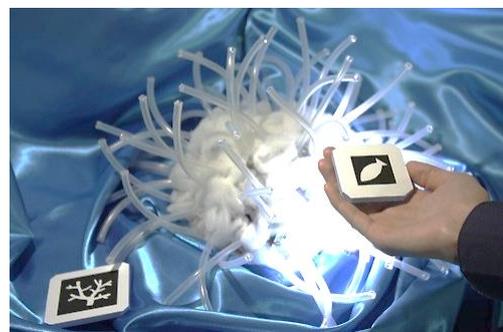


図 2 現実空間の様子

Figure 2 Experience in the real space



図 3 HMD での主観視点 MR 体験

Figure 3 Experience in MR space

<sup>†1</sup> 立命館大学 映像学部  
College of Image Arts and Sciences, Ritsumeikan University  
<sup>†2</sup> キヤノンソフトウェア株式会社  
Canon Software Inc.

## 2. フィジカル MR ディスプレイ

### 2.1 MR エンタテインメント・プロジェクト

MR Coral Sea は、幅広いユーザ層を対象として、MR 技術を用いた新しい体験型エンタテインメントを創出することを目的とする「MR エンタテインメント・プロジェクト」の一環である。本プロジェクトでは、HMD を装着して能動的に MR 体験を行うユーザである「プレイヤ」だけでなく、プレイヤの同伴者や場を共有する周囲の観客である「オーディエンス」も楽しめることを重視している。

典型的な MR 体験は、ビデオシースルー HMD による MR 空間への没入的な主観視点体験として特徴づけられる。すなわち、HMD を装着しないオーディエンスは、HMD を装着するプレイヤが体験している MR 空間を同様の形式では共有できないという制約も意味する。この制約は、家族連れや友人グループを含む多人数の観客を対象とするエンタテインメント応用領域において大きな課題である。

### 2.2 フィジカル MR ディスプレイ

本プロジェクトでは、このような課題に対していくつかのアプローチを試みている。その一環として、「フィジカル MR ディスプレイ」の開発に取り組んでいる。フィジカル MR ディスプレイは、MR の基本的な視覚体験と併せて、バーチャル空間での事象に連動した物理的なフィードバックを現実空間に対して提示することによって、オーディエンスの MR 体験を増強しようとするものである。

物理的なフィードバックには、視覚効果、照明効果、音響効果、力学的作用、香りなどの化学的効果が考えられる。映画の特殊映像技術に例えれば、通常の MR 視覚体験は CG 合成による VFX (Visual Effects) にあたり、フィジカル MR ディスプレイでの効果は現場の仕掛けによる SFX (Special Effects) に相当する。MR Coral Sea でのサンゴディスプレイは、このようなフィジカル MR ディスプレイの事例研究として開発した。

バーチャル空間で何が起きているかを物理的に伝えるフィジカル MR ディスプレイを体験フィールドに据えて、プレイヤとオーディエンスに提示する MR 体験のフレームワークを図 4 に示す。

### 2.3 3 形式の MR 視覚体験

図 4 のフレームワークではまた、以下の 3 形式の MR 視覚体験を包含し、同時もしくは選択的に運用する。

- 1) HMD ベース方式：HMD を装着するプレイヤに対して、主観視点映像体験を提供する。
- 2) モニタ (スクリーン) ベース方式：HMD を装着しないで体験する場合のプレイヤおよびオーディエンスに対して、固定視点の映像体験を提供する。主観視点に近い視覚体験とするか、俯瞰する客観的な視覚体験とするかなど、用途に応じてカメラの設置場所を適宜調整することにより、様々な視覚体験を実現しうる。
- 3) プロジェクションベース方式：現実のフィールドにバーチャル空間の情報をプロジェクタで直接的に投影提示する投影型 MR である。

上記 3 形式のうち、MR Coral Sea では投影型 MR の機能はまだ実現されておらず実装途中である。

## 3. 関連研究

Poupyrev らは、ユーザの操作に応じて発光し上下するロッドの配列からなるインタフェースデバイスを開発した [1]。串山らは、アクチュエータの動きによって触感を得られるプロジェクション型の多感覚ディスプレイによるインタラクティブ作品を発表している [2][3]。これらの事例では、機能的にフィジカル MR ディスプレイ単体によるものと同様の効果が得られるものであるが、本研究では特に、3 次元の MR 空間での映像体験との併用を前提として、マルチモーダルな感覚体験の相乗効果に着目している。

また、複数のプレイヤが同時体験できる MR エンタテインメントの事例としては、AR<sup>2</sup> Hockey [4]、RV-Border Guards [5] などがある。これらにおいても、オーディエンスの体験を重視しており、複数視点の MR 映像をオーディエンスに提示した。フィジカル MR ディスプレイと同様の試みは他にもいくつか報告されている。MR-Space Odyssey [6] では、MR の VFX 映画制作への応用を想定した撮影リハーサルのアトラクション型デモ展示で、複数のカメラ視点の切り替えと併せて、銃の発射と連動したストロボによる現実空間への照明効果などが施された。

著者らが試行したフィジカル MR ディスプレイとして機能するユーザインタフェースの事例を図 4 に示す [7][8][9][10]。図 4(a)では、シューティングゲームにおいて力覚フィードバックをプレイヤに提示すると共に、LED の発光をオーディエンス向けに提示する。図 4(b)では、HMD に搭載した角型の LED インジケータと手に装着した LED アレイがプレイヤのパワーや武器装備に応じた発光パターン

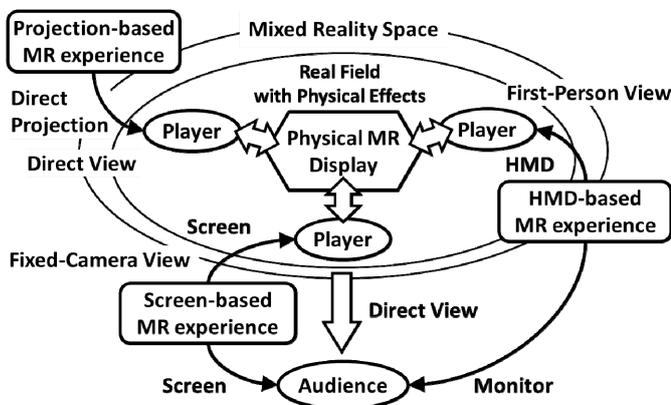


図 4 MR 体験のフレームワーク

Figure 4 Framework of the MR experience

ンを提示する。いずれもプレイヤー自身ではなく周囲のオーディエンスに情報を提示するために備えた機能である。

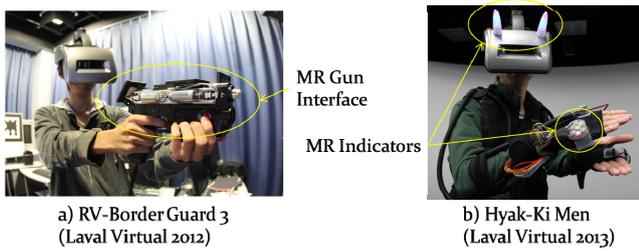


図5 フィジカルMRディスプレイの試行事例  
Figure 5 Case studies of physical MR display

## 4. MR Coral Sea とサンゴディスプレイ

### 4.1 コンテンツデザイン

MR Coral Sea の体験内容は、バーチャルな魚にエサを与えて遊ぶコンテンツであり、ルールは特になくエンドレスで自由に楽しむことができる。プログラムには ARToolKit を利用している。マーカトラッキング用の「エサカード」を手のひらにのせ、手の甲がサンゴディスプレイに触れるようにしてカメラにかざすと、MR 空間ではマーク上に貝殻の皿にのったエサが現れる。サンゴディスプレイには魚が息しており、このエサを食べようとユーザの手に向かって泳いでくる。エサがなくなれば、手を一旦振ると再びエサが得られる。また、エサカードを取り換えることで、図6に示すように3種類の魚を選択できる。

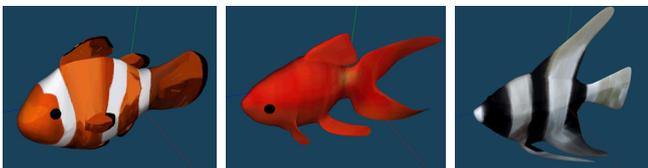


図6 魚の種類  
Figure 6 Variety of fish

### 4.2 サンゴディスプレイ

魚の挙動に合わせて、泡や音のエフェクトを表すと共に、魚の位置に連動して、サンゴディスプレイの触手が光り振動する。MR 映像で魚が手の上に来たときに、サンゴディスプレイからの振動を感じるようになる。サンゴディスプレイに触れて目視するだけでも、実際には見えない魚の挙動を感覚的に把握することが可能となっている。

サンゴディスプレイは、図7に示すような24個の「ポリプモジュール」から構成される。各ポリプモジュールは、それぞれ3つの白色高輝度LEDとディスク型バイブレーションモータからなっている。これらは、マイクロコンピュータ Arduino によって制御される。

図8に示すように、LEDには半透明のシリコンゴム製チューブを触手として装着しており、LEDが発光するとチューブ全体が柔らかく発光するようになっている。また、チ

ューブは適度な弾性を持っており、手が接触したときに柔軟に変形するとともに、モータからの振動を手になじく伝搬する。

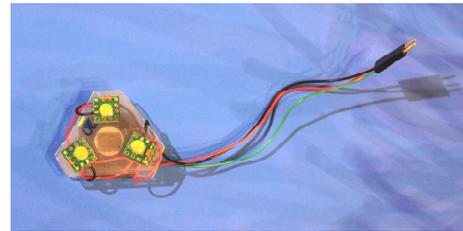


図7 ポリプモジュール  
Figure 7 Coral polyp module

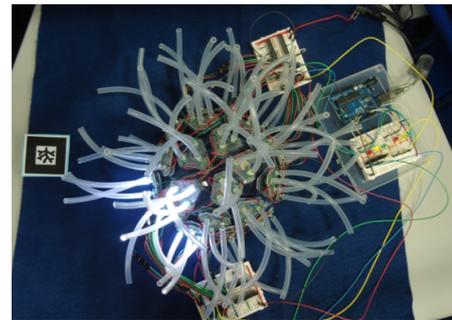


図8 サンゴディスプレイの構造  
Figure 8 Structure of Coral Display

## 5. 展示実験とまとめ

MR Coral Sea のプロトタイプシステムは、Laval Virtual 2014 ReVolution にて展示実験をおこない、5日間で約1000人が本作品を体験した[11]。図9にインストールの様子を示す。サンゴディスプレイの真上にカメラを設置して、プレイヤーの立ち位置からの主観視点に近いMR映像を生成し、正面の壁面に映像を投射した。



図9 MR Coral Sea システム全体の様子  
Figure 9 Installation of MR Coral Sea system

サンゴディスプレイは特にむずかしい操作も必要のないインタフェースであり、小さな子供でも楽しめる様子が確認できた。コンテンツ的にもかわいい魚の泳ぐ様子は、図10に示すような家族連れに特に好評であった。

HMD ベースとスクリーンベースの 2 種類の MR 視覚ディスプレイシステムを同時に運用したが、一般公開日には特に家族連れや友人グループが多く、HMD ベースよりも複数人で一緒に楽しむことのできるスクリーンベース MR 体験が主に好まれて選択された。



図 10 本作品を楽しむ親子連れの様子  
Figure 10 A family enjoys the demo

今後は、投影型 MR 表示モードの実装を進める。また展示実験を重ねて、MR 表示方式とサンゴディスプレイとの組み合わせについて評価実験をおこなう。MR Coral Sea システムは、魚の種類を増やすなどコンテンツ面での充実を行うとともに、サンゴディスプレイの改良を行う。サンゴディスプレイに関しては、形状の変更やセンサ機能・アクチュエータ機能の多様化を試み、他のフィジカル MR ディスプレイの実現に応用できる知見を集積していく。遠隔地点間のフィジカル MR ディスプレイによるコミュニケーション手段としての可能性も検討していきたい。

**謝辞** 本プロジェクトでの開発および展示実験に関わった立命館大学映像学部・映像研究科の大島研究室所属学生各位と写真の掲載を快諾された Laurent Gosselin 氏に謝意を表す。本研究は JSPS 科研費 24500159, 24220004 の助成を受けたものである。

## 参考文献

- 1) Poupyrev, I., Nashida, I., Maruyama, S., Rekimoto, J. and Yamaji, Y.: Lumen: Interactive visual and shape display for calm computing, SIGGRAPH 2004, Emerging Technologies (2014)
- 2) Kushiya, K., Ikei, R. and Sasada, S.: Tactile Grass Landscape. SIGGRAPH 2008, Posters (2008)
- 3) Kushiya, K., Sasada, S. and Takeyama, S.: FUR-FLY, SIGGRAPH 2009, Art Gallery (2009)
- 4) 大島登志一, 佐藤清秀, 山本裕之, 田村秀行: AR<sup>2</sup>ホッケー: 協調型複合現実感システムの実現, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.3, No.2, pp.55-60 (1998)
- 5) 大島登志一, 佐藤清秀, 山本裕之, 田村秀行: RV-BorderGuards: 複数人参加型複合現実感ゲーム, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.4, No.4, pp.699-705 (1999)
- 6) 大島登志一, 黒木剛, 小林俊広, 山本裕之, 田村秀行: 2001 年 MR 空間の旅: 複合現実感技術の映像制作分野への応用, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.7, No.2, pp.219-225 (2002)
- 7) Ohshima, T. et al.: RV-Border Guards 3 – Attack of the Mech-Insects, Laval Virtual 2012, ReVolution demo (2012)
- 8) Ohshima, T. et al.: Hyak-Ki Men – Anti-Ogre Ninja Mask, Laval Virtual 2013, ReVolution demo (2013)
- 9) 柴田雄樹, 一色康平, 速水洗, 田中千遥, 大島登志一: 『百鬼面』 - 複合現実型エンタテインメントコンテンツ制作の体系化の検討, 第 18 回日本 VR 学会大会論文集, 13C-3 (2013)
- 10) Ohshima, T. et al.: Hyak-Ki Men – The Study of Framework for Creating Mixed Reality Entertainment, SIGGRAPH ASIA 2013, Posters (2013)
- 11) Tanaka, C. and Ohshima, T.: MR Coral Sea. Laval Virtual 2014, ReVolution demo (2014)