

# 複合現実感

## — 仮想と現実の境界から見える世界 —

キヤノン(株) 山本 裕之  
yamamoto.hiroyuki125@canon.co.jp

「複合現実感」(Mixed Reality: MR)は、現実世界と仮想世界を融合する技術の総称であり、日本が世界をリードする先端研究分野である。この「複合現実感」というキーワードは最近でこそ学会論文誌、研究会、技術雑誌<sup>1), 2)</sup>で見受けられるようになってきたが、最初にこの言葉を用いたのは1997年から筆者らが参加した「複合現実感システムに関する試験研究」(通称MRプロジェクト)である。このように比較的短期間に研究活動が広まった「複合現実感」技術に関して、MRプロジェクトが何を目指し、何を達成してきたかを紹介することで、その概念と現状、今後の展開を述べていく。

### MRプロジェクトが目指したもの

MRプロジェクトは、1997年1月から2001年3月までの4年3カ月の間、基盤技術研究促進センターの出資案件として実施された研究プロジェクトである。プロジェクトの立案当時、コンピュータ内に仮想世界を構築し、その中にあたかも存在するかのような体験をさせる従来の「仮想現実感」(Virtual Reality: VR)技術の限界が議論され始めていた。進展が著しいコンピュータグラフィックスの描画能力をしても現実世界と比較すると写実性や臨場感に限界がある。また外界と遮断された仮想空間に没入してしまうことへの問題点も指摘されていた。現実世界の豊かな情報を仮想世界と融合することで、これらの問題を解決しようとする試みが、このプロジェクトであった。

現実世界をベースに、これに電子的な情報を付与することで、現実世界を増強・拡張する「拡張現実感」(Augmented Reality: AR)という概念はすでに存在していた。しかし、我々は現実世界と仮想世界を対等に融合する技術体系の構築を目指して、あえて馴染みの薄かった“Mixed Reality”<sup>3)</sup>の概念を選択し、その日本語訳として「複合現実感」を用いた<sup>4)</sup>。この概念は、1994年にPaul Milgramらが提唱したものであり、ARに対置する概念として、コンピュータ内に構築された仮想空間を現実世界の情報で補強する“Augmented Virtuality”(AV)を含む概念であった。そして、現実世界と仮想世界を扱う2つのアプローチの間に明確な境界はなく、スペクトル的に連続に広がっていると考えていた。

MR技術では、VR技術から継承する要件として現実

世界と仮想世界の融合が実時間で処理され、さらに融合された空間とのインタラクションが可能なのが前提となっている。MRプロジェクトでは、特に視覚を対象に、この要件を満たす要素技術の研究を行った。

### 要素技術の進歩

#### ■ シースルーHMD

Head Mounted Display (HMD)は、利用者が頭部に装着して画像を観察する画像表示装置であり、両眼に視差を持たせた映像を提示することで立体視が可能である。HMDの画像ディスプレイとしての特徴は、大きく以下の2点に集約される。

- 表示デバイスの画像を虚像として拡大表示するため、表示画面サイズを装置サイズとは独立に設定できる。
- ディスプレイが観察者の頭部に装着され、観察者とともに移動する。このため観察者は、視点・視線に応じた映像を観察できる。

これらの特徴から、HMDはVRを象徴するデバイスとなっている。複合現実感では、特に現実世界を観察するためのシースルー機能が必要となる。我々は、キーデバイスであるシースルーHMDを独自に開発し、研究に活用してきた。

ビデオシースルーHMDでは、HMDに装着されたTVカメラで現実世界を撮影する。この映像はコンピュータに入力され、そこで生成される仮想世界の映像と電子的に融合される。融合された映像は、1つのビデオ信号に変換されてHMD上の表示デバイスに提示される。



図-1 撮像系と表示系の光軸を一致させた COASTAR HMD

図-2 屋外利用用途向け光学シースルーHMD

これを実現する最も簡便な方式は、遮蔽型のHMDにTVカメラを装着する方式である。通常、カメラの光軸と表示デバイスの光軸が一致するように設置することは困難であり、特に、視点に近い物体を観察する際に立体感が正しく把握されない問題がある。そこで、我々は、図-1に示すような光学系を新規に設計し、2種類の光軸を一致させたビデオシースルーHMDを開発した。COASTARと呼ばれるこのHMDは、上述の特性の他、VGA解像度、水平51度の画角の特性を持つ。

一方、光学シースルーHMDでは、ハーフミラー等の光学的コンバイナーを利用者の目の前に設置する。利用者は、コンバイナーを通して直接現実世界を観察すると同時に、表示素子に映し出された仮想世界の映像を光学コンバイナーに反射させて観察することができる。このタイプのHMD(図-2)は、特に屋外での利用を想定して開発を行った。明るい屋外環境でも利用できるよう強力なバックライトを備え、解像度も緻密な文字情報などが提示できるSVGAの液晶表示パネルを採用している。また、光学シースルー方式の特性から、電源が切れた状態でも現実世界が観察できるため、安全面からも屋外用途に適している。

■融合処理

複合現実感においては、現実世界と仮想世界を「違和感なく」融合し、利用者に提示する必要がある。そのためには、一般に次のような解決すべき課題がある。

- 幾何的整合性：現実世界と仮想世界間の座標変換を正確に求めるなどして、観察者の視点位置や視線方向が変化しても両世界の間位置ずれが発生しないようにする。
- 画質的整合性：仮想世界の映像を現実世界と融合する際に、コントラスト・色調・陰影などの要因で生じる画質的な違和感を小さくする。
- 時間的整合性：センサや仮想環境の描画などにより生じる遅延、すなわち現実世界の変化に応じて変化する

仮想世界の遅れを極力少なくする。

この中でも特に重要な課題が、幾何的整合性である。この問題は、利用者(もしくはカメラ)の視点位置と方向、すなわちカメラパラメータを求める問題に帰着される。カメラパラメータを推定する問題は、コンピュータビジョンの分野において長年研究がなされており、さまざまな方法が検討されている。これらは、映像のみから推定を行う手法が大半であり、撮影する対象が限定されるなどの制約がある。一方、VRシステムでは、磁気センサや超音波センサなどのトラッカを用いることが一般的である。しかしながら、トラッカの計測値のみでは、絶対的な精度が不足しており、さらに計測範囲が制限されるなどの問題があった。

我々は、これら2つの手法を併用したハイブリッドな手法が有用であると判断し、主としてこの手法を採用してきた。トラッカの計測値の誤差を、HMDに搭載されたカメラに映った画像特徴の位置から、実時間で補正する手法を開発し、応用システムに実装して検証を行った。

また、プロジェクトの後半では、現実世界と仮想世界の相互隠蔽を表現する技術にも取り組んだ。実時間で情景の奥行き情報を抽出するリアルタイム・レンジファインダを導入し、現実世界と仮想世界の複雑な前後関係も表現できるようになった。

■実世界の電子化

現実世界と仮想世界をつなぎ目なく融合するために、仮想世界を写實的に表現する技術も有効である。既存の画像をもとに新たな画像を再構成するイメージベスト・レンダリング(IBR)は、従来のコンピュータグラフィクス手法の限界を打ち破る手法として近年注目を浴びている<sup>5)</sup>。特に、我々は現実世界を実写画像を用いて電子データベース化し、そこから実時間で新たな画像を再構成する手法に注目して研究を行った。

現実物体を実写画像による光線データでデータベース

ス化し、これを幾何データでモデリングされた背景空間内に表現・融合することも可能とした(図-3)。光線データは膨大なデータ量となるため、データ圧縮手法や専用描画ハードウェアの開発などを新たに開発した。これにより、当初は大型のグラフィックワークステーションでしか実現できなかった機能を、実時間性と高画質を維持しつつパーソナルコンピュータ上で実現できるレベルまで発展させた。

## 応用分野の開拓

要素技術の研究と並行して、MR技術の応用分野の開拓にも努めた。当初は、医療・福祉、建築、防災、教育・訓練などの応用分野が想定されたが、研究を進めるに従い新たな応用分野が見え隠れし始めた。プロジェクトの最終成果発表会(MiRai-01: みらいゼロワン)では、それらの応用のデモンストレーションを専門家のみならず、一般の方にも分かりやすく体験してもらえよう工夫した<sup>6)</sup>。

### ■エンターテインメント

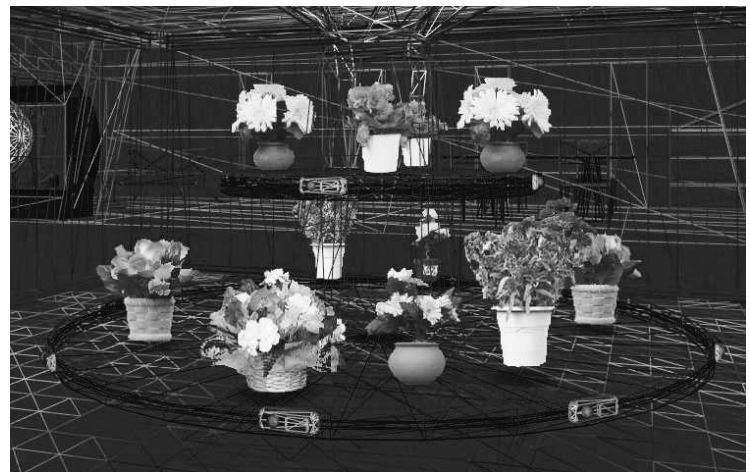
MR技術は、従来TVモニタ内で閉じていたビデオゲームの世界を目の前の現実空間に解き放つことができる。さらに、目の前の空間を複数人で共有することで、現実空間を通して参加者間で表情やジェスチャーなど日常行っているコミュニケーションが行えると同時に、仮想空間を介しても協調作業を行うことができる。このような特徴を最大限に活かしたアート作品やエンターテインメントシステム(図-4)を開発・展示した。現実空間と仮想空間の両方にデザインの自由度があるため、コンテンツの制作の面からも注目を集めている。

### ■プレゼンテーション

博物館、展示会、ショールームなどを扱う展示業界からも関心を集めている。歴史的遺物などの陳列物に、仮想の造形物や映像を融合することで、MR技術はこれまでになかった展示が創造できる期待されている。目の前の空間に実物大の車を提示し、さまざまな意匠変更をすることで景観にフィットするデザインを選択できるシステム(図-5)や、実存する博物館をまるごと電子化するシステムを展示した。



(a) 融合結果



(b) 背景をワイヤーフレームで表示

図-3 光線データで表現された現実の花と仮想の背景の融合



(現実の造形の中に仮想のクリーチャーが出現している)

図-4 MR型エンターテインメント「AquaGauntlet」





仮想の車が実物大で表示されている。本システムは(株)エム・アール・システム研究所とドイツART+COM社と共同で開発された。コンテンツデータは、ドイツDaimler-Chrysler社から提供されている。

図-5 MR型プレゼンテーション「今そこにあるMRカー」

## ■ 景観シミュレーション

MR技術を用いて屋外の景観に仮想の建築物を融合して表示する景観シミュレーションも、有効な応用である。特に、屋外で利用できるようにしたシステム(図-6)は、ウェアラブルコンピュータやモバイル機器との関連で幅広い興味を集めた。

## 未来の展開

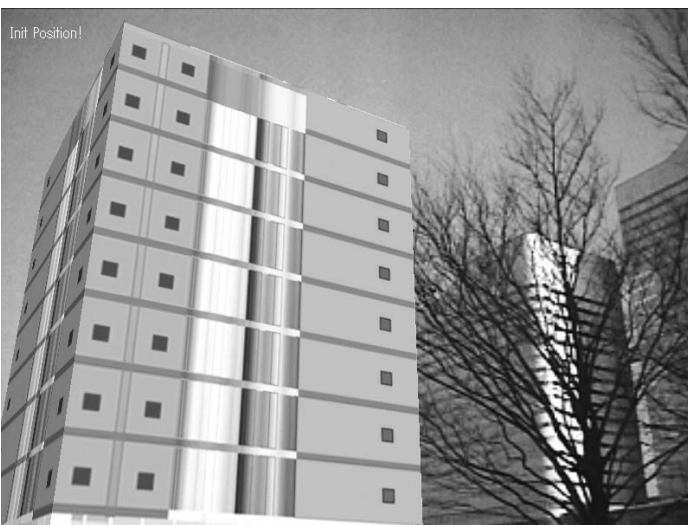
「仮想と現実を融合」する「複合現実感」は、未来を予感させる技術として注目を集めてきた。この技術は、コンセプトが魅力的であると同時に、幅広い技術領域を包含する融合技術であることから、ますます研究は盛んになるであろう。しかしながら、普及には、センサや液晶表示デバイスなどのキーコンポーネントの低価格化が鍵を握っている。世の中の反応がこれらコンポーネントの普及・低価格化に拍車をかけ、MR技術が一般に普及した世界を体験できることを期待している。

### 参考文献

- 1) 「複合現実感特集号」, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.4, No.4 (1999).
- 2) 「ポスト・バーチャルリアリティ MR技術が現実空間を変える!」, TRIGGER, 2001年6月号, pp.101-115 (2001).
- 3) Milgram, P. and Kishino, F.: A Taxonomy of Mixed Reality Visual Display, IEICE Trans. Inf. & Sys., Vol.E77-D, No.12, pp.1321-1329 (1994).
- 4) 田村秀行, 大田友一: 複合現実感, 映像情報メディア学会誌, Vol.52, No.3, pp.266-272 (1997).
- 5) 片山昭宏, 田村秀行: イメージベースモデリング&レンダリング, 計算工学, Vol.4, No.2, pp.21-26 (1999).
- 6) Tamura, H.: Overview and Final Results of the MR Project, Proc. Int. Symp. on Mixed Reality, pp.97-104 (2001).  
(平成14年1月17日受付)



(a) 外観



(b) 仮想のビルの融合

図-6 屋外体験用MRシステム「TOWNWEAR」