

## 特集 ■ 新しい飛躍の時代を迎えた複合現実感

## MR 技術の実利用化 —要素技術と「ものづくり」現場での応用—



麻生 隆

ASO TAKASHI

キヤノン



内山晋二

UCHIYAMA SHINJI

キヤノン



山本裕之

YAMAMOTO HIROYUKI

キヤノン

我々は、1997年から「複合現実感」(Mixed Reality: MR)のキーワードのもと、現実世界と仮想世界を融合する技術・アプリケーションの開発を行ってきた。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)は、「複合現実感」の研究の裾野を広げることに貢献した。本稿では、MRプロジェクト以降、特に最近5年間の、実利用化に向けた我々の取り組みを紹介する。

### 1. MRプロジェクト以降の10年間

MRプロジェクトは、1997年1月から2001年3月までの4年3ヶ月の間、基盤技術研究促進センター(当時)の出資案件として実施された研究プロジェクトである。現実世界と仮想世界のシームレスな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技術を構築する試みが、このプロジェクトであった[1]。このプロジェクト以降も、本学会の複合現実感研究委員会、ISMAR(International Symposium on Mixed and Augmented Reality)のコミュニティを中心に、特に現実世界と仮想世界間の座標変換を正確に求める位置合わせ技術の研究が活発に行われている。

一方で、MR技術を活用した実利用の開拓は思うように進んでいない。MRプロジェクトの当時から、映像制作の過程で実写とCGを融合し、あたかも実写のように見せる映像処理技術が活用されていた。最近では、「拡張現実感」(Augmented Reality: AR)のキーワードで、実写映像にリアルタイムに情報や映像を重畳して表示するアプリケーションが携帯電話等で実現されている。しかしながら、目の前の現実世界と仮想世界をリアルタイムでシームレスに融合し、インタラクティブに体験できる

本来のMR空間の実利用は、いくつかの先鋭的な研究プロジェクトでの検討を除いて進んでいない。

実利用が進んでいない要因には、1)要素技術が実利用に耐えうるレベルに至っていない、2)MR空間の特徴を最大限に活用できる応用の開拓が進んでいない、などが挙げられる。我々は、これらの要因を排除し、実利用化を促進する活動をここ数年重ねてきた。以下では、これらの活動の一端を紹介する。

### 2. 要素技術の進歩

#### (a) 高性能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はVRを象徴するデバイスであるが、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。

キヤノンでは、特に、HMDに内蔵されたビデオカメラで現実世界を撮影する、ビデオシースルータイプのHMDを中心に開発してきた。2002年には、このタイプのHMD(VH-2002)を実用化した。VH-2002では、撮像系と表示系の光軸を一致させ、現実空間と仮想空間の立体感が一致するように工夫されている。この特徴に加えて、VGA解像度、水平51度の画角の特性を持っていた。

VH-2002の利用者からは、さらなる高解像度、広画角化の要求が強かった。特に、MR空間でのインタラクションにとって、広画角化は必須であった。51度の画角では、視野が限られ、用途によってはインタラクションが困難になる場面があった。そこで、これらの性能の向上



図 1 新規に開発したビデオスルーHMD VH-2007

をめざして研究開発を進め、2007年に試作機(VH-2007)を完成させた[2]。以下にその特徴をまとめる。

- 広画角を実現するため、新規の一回結像系の光学システムを採用。水平画角 60 度を達成。
- 拡大率を上げることで発生する光学的な歪みを電子的に解決するための歪み補正機能を搭載。
- 新規の液晶パネルを採用。SXGA (1280×960) の解像度を実現。

図 1 に VH-2007 の外観を示す。広画角化の代償として、VH-2002 に比較して大型化・重量化している。今後、実用化に向けて、よりコンパクト・軽量なデザインとすることが望まれている。

#### (b) 位置合わせ処理

MR 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。そのための最も重要な情報処理技術が、幾何的整合性の維持である。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に位置ずれが発生しないようにする処理である。MR プロジェクトでは、HMD に装着された磁気式センサの誤差を、HMD に搭載されたカメラで撮影した画像を用

いて補正するハイブリッド手法を主に用いていた。カメラで、現実空間に設置された単純なマーカをトラッキングするのみで、ロバストな位置合わせが実現できた。

一方、計算機の処理能力の向上に伴い、画像に含まれる情報のみを利用してカメラ位置姿勢の推定を行うビジョンベースの手法が主流になってきた。現実世界に設置したコード化された二次元パターンを用いたり、現実世界中の自然特徴を抽出して用いたりする手法が検討されている。画像処理が理想的に行えた場合には、センサを基礎とする手法と比較して、センサの計測範囲に制約されない、画像上での位置ずれが少ないなどの利点がある。しかしながら、ビジョンのみに頼る手法は、画像処理結果の誤差などにより破綻を起こしやすく、実用化に必要なとされるロバストな処理が困難である。

我々は、ハイブリッドな手法を基礎に、ビジョンベースの手法の利点を取り入れる取り組みを行ってきた[3][4]。具体的には、

- センサとしてジャイロベースの姿勢センサを利用することで、磁気センサが有する計測範囲の制限を取り除く。
- 姿勢センサからは得られない位置・方位情報を、ビジョンベースの手法で計測する。現実空間に設置した独自デザインの 2 次元マーカを画像処理したり、形状が既知の物体のエッジを画像上でトラッキングすることで高精度に計測する。
- 利用者的高速な移動・回転による画像処理の破綻に対して、姿勢センサと画像情報を利用することで、高速に復帰する機能を実現する。

などの改良を行ってきた。また、マーカベースの手法において見逃されがちな課題として、現実環境に配置したマーカの空間内での配置関係をキャリブレーションすることの困難さの解決にも取り組んできた。仮想空間を重畳する現実空間は、位置合わせの都合のみでデザインすることはできず、応用場面に依存して決定するものである。そのため、現実空間にマーカを配置した後に、簡便な手順で精度良くマーカの 3 次元配置情報を較正する[5]ことは、応用を拡げる上で重要な機能の一つである。

#### (c) アプリケーション開発プラットフォーム

MR プロジェクトは、要素技術の開発と並行して、様々なプロトタイプシステムを構築してきた。これらの開発を通して、MR アプリケーションの技術体系を整理することができた。この時の知見を活用して、MR ア

アプリケーションを構築する際の基盤となる「MR プラットフォーム」を開発し、2002年に研究開発者向けに提供を開始した[6]. 「MR プラットフォーム」には、HMD VH-2002 と、現実空間と仮想空間の位置合わせ機能を中心としたソフトウェア開発キットが含まれていた. このソフトウェア開発キットは、Linux OS 上で動作する各種のライブラリとツールで構成されており、開発者はライブラリを用いて、MR アプリケーションを実装・開発する必要があった.

その後、PC やグラフィックスカードの発展に伴い、PC 上で3D-CAD などの3次元グラフィック・アプリケーションを利用することが普及した. MR の実利用化を推進するためには、一からMR アプリケーションを開発するのではなく、これら既存の3次元アプリケーションを必要最小限の修正だけでMR 化できるような枠組みが必要であると我々は考えた. そこで、構成を見直した新たな「MR プラットフォーム」を開発した.

新しい「MR プラットフォーム」では、トラッキングセンサやHMD に係る設定や入出力処理、位置合わせ処理など、MR 特有で一般のアプリケーションには含まれない処理機能を、メインのアプリケーションとは独立したプロセス(MR Engine)として実現した(図2). このMR Engine とメインのアプリケーション間とは、MR Platform API によりデータが交換される. このような形態にすることで、MR に特有の機能をMR Engine に閉じ込め、メインのアプリケーションの開発者は、アプリケーションに必要な機能の実現にのみ注力すればよくなる. MR Engine には、上記の機能以外に、MR アプリケーションのための次の機能を実装している.

- MR のための各種設定・較正を行う MR Configuration ツールによる設定・較正機能.
- メインのアプリケーションで生成した映像を、HMD から入力された映像に重畳する MR 映像融合機能.
- 上記の映像の重畳の際に、HMD からの映像の肌色部分を抽出して、その部分には生成した映像を重畳しないハンドオーバーレイ機能.

ハンドオーバーレイ機能は、MR 空間における実体触知感覚の向上に極めて有効な機能であり、MR 技術の実利用化に向けて、特に重視した機能である[7].

### 3. ものづくり分野への展開

我々は、MR の実利用化に向けて応用分野を開拓するにあたり、製造業として身の回りにニーズ・課題が存在する「ものづくり」への応用を第一の候補として選択した. ものづくりの現場では、2000年以降3D-CAD の導入が進み、設計データの3次元化が進んだ. そこで、3次元化された設計データをMR で観察することで、開発の効率化が図られるのではないかと、この仮説のもと、実際に製品を開発している現場の協力を仰いで試行検討を行っている.

まず、製品の簡易なモックアップ(試作物)を準備して、そのモックアップに設計データを重畳することで、手触り感や操作感などを伴いながら視覚的な評価(デザイン性やユーザビリティなど)を可能とするプロトタイプシステムを開発した. 図3では、カメラの簡易モックアップ

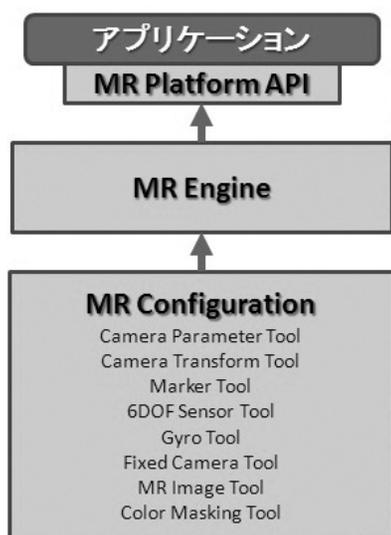


図2 新たなMRプラットフォームの構成

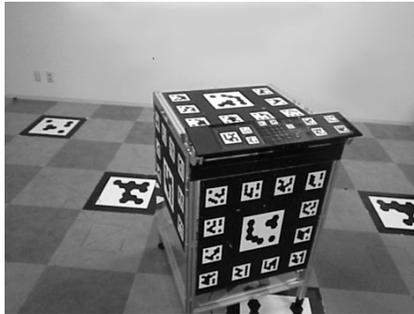


(a) 簡易モックアップ



(b) MR 体験映像

図3 事例1: デザイン評価



(a) 簡易モックアップ



(b) MR 体験映像

図 4 事例 2：ユーザビリティ評価

プにデザインデータを重畳し、あたかも実際のカメラを手にとって触りながら評価している。図 4 は、複写機の操作性、メンテナンス性を評価している。ユーザが操作するパネル部分だけを現物で忠実に再現し、それ以外は単なる立方体の箱で現実空間を構成している。そこに、3D-CAD で設計された設計データが重畳されている。このように MR を使って現実物に設計データを重畳することで、設計途中の製品を、体性感覚を伴って評価することが可能となる。従来、試作機や最終製品でしか評価できなかった項目を、設計の途中段階で評価することが可能となり、開発効率化に寄与することが示唆された。実際に試用した社内の開発者に対するアンケート結果においても、約 8 割の開発者が「有効である」と回答している。

上述の事例では、3D-CAD を用いて設計されたデータを、VRML などのグラフィックデータに変換し、それを MR 用のビューワで体験していた。この構成では、設計プロセスと体験プロセスが分離されており、MR 体験で評価して得られた成果は、一旦、設計プロセスに戻って修正をしなければならぬ。MR 体験中に設計データを修正できると、さらに、開発効率が向上すると期待される。そこで、現在、設計ツールである 3D-CAD と MR 体験ビューワが統合されたシステムを開発している。

さらに、近年ものづくりの現場では 3 次元化された設

計データを、開発の上流から生産・販売まで一貫通貫で活用するコンカレントエンジニアリングが主流になりつつある。そこで、3D-CAD、電気 CAD、ソフトウェアデバッグ、機構シミュレータなどの設計ツールを連携させて、異なる分野の設計者が仮想環境でコンカレントに設計を進めるための開発環境を構築している。そのユーザインタフェースとして MR を活用することを検討している。図 5 はレンズ設計において、レンズの空間的な配置と、その配置による機構的なシミュレーション結果を重畳表示した例である。空間的な把握が容易になり、光学設計者とメカ設計者間で課題共有が促進されるなどの効果が期待されている。

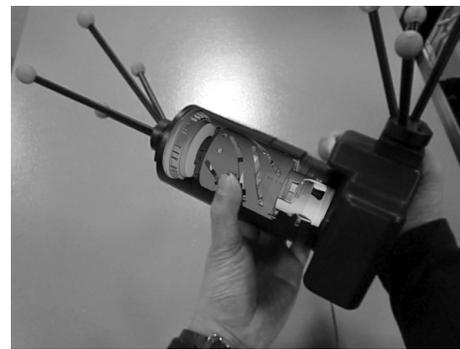


図 5 事例 3：メカ系シミュレーション  
\* 口絵にカラー版掲載

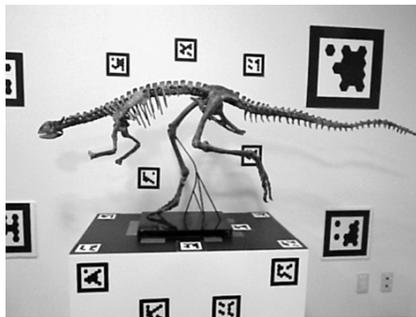
#### 4. MR の可能性

今後、3 次元データやコンテンツの普及に伴い、MR の適用範囲もさらに広がることが予想される。

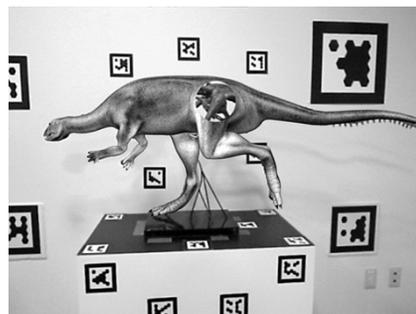
3 次元処理が主流になりつつある医用イメージング分野、3 次元のコンテンツが活用されだしている教育・エンターテインメント分野、さらに将来はホームエンターテインメント分野での活用なども考えられる。それらの可能性についても、先行的に将来性の調査を進めている。例えば、メディア教育開発センター（現放送大学）の近藤らは、国立科学博物館と共同で MR を使った展示システムを提案している [8]。2009 年には弊社も参加して「よみがえる恐竜」と題したコンテンツを共同開発し、2009 年 3 月に国立科学博物館にて一般来場者を対象とした体験イベントを実施した（図 6）。この展示は非常に好評で、博物館における展示手法としての可能性を示唆するものであった。

#### 5. まとめ

「仮想と現実を融合」する「複合現実感」の実利用に向けた我々の取り組みを紹介した。「ものづくり」や「展



(a) 展示標本



(b) MR 体験映像

図中のCGは、科学研究費補助金(基盤研究B)「博物館における複合現実感共用システムの構築と科学的思考の育成に関する縦断的研究」により作成したもの

図6 事例4:博物館展示  
\*口絵にカラー版掲載

示」といった応用分野で実利用化を推進しており、その範囲内では利用に耐えうる要素技術の開発にも目途がたってきた。しかしながら、「複合現実感」の応用範囲は急速に広がりつつあり、最近では携帯電話のカメラで、街の風景に情報を重畳するようなアプリケーションが一般ユーザに対して提供されはじめている。

「複合現実感」技術が様々な応用に適用され、実用に耐える要素技術が着実に蓄積され、それが、新たな応用を生む。そのようなポジティブな循環環境を作りだしたいと考える。

参考文献

[1] 山本裕之：複合現実感—仮想と現実の境界から見える世界—, 情報処理, Vol.43, No.3, pp.213-216 (2002)  
 [2] 松永智美, 猪口和隆, 山崎章市: Shuttle 光学系を使用した広画角・高解像のHMDの開発, 第32回光学シンポジウム講演予稿集, pp.13-16 (2007)  
 [3] 佐藤清秀, 内山晋二, 山本裕之: UG+B法: 主観及び客観視点カメラと姿勢センサを用いた位置合わせ手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.10, No.3, pp.391-400 (2005)

[4] 小竹大輔, 佐藤清秀, 内山晋二, 山本裕之: 傾斜角拘束を利用したハイブリッド位置合せ手法, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J90-D, No.8, pp.2070-2080 (2007)  
 [5] 小竹大輔, 内山晋二, 山本裕之: マーカ配置に関する先験的知識を利用したマーカキャリブレーション方法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.10, No.3, pp.401-410 (2005)  
 [6] 内山晋二, 武本和樹, 山本裕之, 田村秀行: MRシステム構築基盤「MRプラットフォーム」の開発, 日本バーチャルリアリティ学会第6回大会論文集, pp.457-460 (2001)  
 [7] 大島登志一, 山本裕之, 田村秀行: 実体触知機能を重視した複合現実感システム—自動車インテリアデザイン検証への応用—, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.9, No.1, pp.79-88 (2004)  
 [8] 近藤智嗣, 有田寛之, 真鍋真, 稲葉利江子: ミクストリアリティによる博物館展示システムの提案, 日本教育工学会論文誌, 30 (Suppl.), pp.45-48 (2006)

【略歴】

麻生 隆 (ASO Takashi)

1986年名古屋工業大学大学院工学研究科修士課程修了。同年キャノン(株)入社。現在イメージコミュニケーション事業本部レンズ事業部MR開発推進プロジェクトチーフ。複合現実感の実用化に向けた研究・開発に従事。

内山晋二 (UCHIYAMA Shinji)

1992年大阪大学大学院基礎工学研究科修士課程修了。同年キャノン(株)入社。1997年~2001年(株)エム・アール・システム研究所に就任。現在、キャノン(株)映像情報処理技術開発センター映像情報処理技術第二開発部部長。3次元画像計測, 複合現実感, 医用画像システムの研究・開発に従事。本学会第11回論文賞受賞。博士(工学)。

山本裕之 (YAMAMOTO Hiroyuki)

1986年大阪大学大学院基礎工学研究科修士課程修了。同年キャノン(株)入社。1990年~1992年マクギル大学知能機械研究所客員研究員。1997年2月より(株)エム・アール・システム研究所に就任。現在、キャノン(株)医用画像情報システム開発推進プロジェクトチーフ。3次元画像計測・認識, アクティブビジョン, バーチャルリアリティ, 複合現実感, 医用画像システムの研究に従事。本学会第11回論文賞受賞。博士(工学)。