

未来のメガネを創る



若 者

清 川 清*

Creating Future Eyeglasses

Key Words : Mixed Reality, Augmented Reality,
Head Mounted Displays, Eye Camera

1. はじめに

皆さんはヘッドマウントディスプレイ (Head Mounted Display; HMD) と聞いてどのような装置を思い浮かべるでしょうか。完全に頭を覆い別世界に浸ることができるもの、あるいは片目に装着して敵の戦闘力を映すもの等々、様々なイメージをお持ちだと思います。SFやマンガの世界で古くから描かれてきたHMDには、恐らく多くの方が、近未来的・非日常的な印象を持たれていると思います。しかし研究用・民生用のHMDはずいぶん以前から登場しています。展示会やアミューズメントパーク等で体験された方もいらっしゃると思います。

私は奈良先端科学技術大学院大学での学生時代から通信総合研究所 (現 情報通信研究機構) を経て、現在の大阪大学サイバーメディアセンターに至るまで、一貫して人工現実感 (Virtual Reality; VR), 拡張現実感 (Augmented Reality; AR), ウェアラブルコンピューティングなどの先進的ユーザインタフェースについて研究してきました。これらの分野では、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) が象徴的な表示装置として使われてきています。私もHMDに惹かれ、ユニークな特徴を備えたHMDの提案などをしてきました。本稿では私自身の研究遍歴とともに、HMDの研究動向を紹介したいと思います。

2. ヘッドマウントディスプレイとの出会い

私が奈良先端科学技術大学院大学に入学した1994年は第一次HMDブームといっても良い頃でした。多くのメーカーが国産HMDを市場に投入していました。同大学院では1998年の博士後期課程修了まで一貫して、VR空間に没入して簡易な三次元形状をデザイン可能な三次元デザインシステムVLEGOの研究開発に取り組みました。VLEGOでは大型スクリーン、非透過型HMD、透過型HMDなど様々な表示装置を混在させて、複数人でVR空間を共有することができました。透過型HMDの場合は、VR空間と同時に周囲の実環境を見ることができます。図1に示したような対面協調作業では、共同作業者と自分自身の間の空中にVR空間を表示でき、相手の表情やしぐさを確認したり、机の上の実物体と三次元CGを比較したりしながら作業できるというメリットがあります。私はこの時、実環境に計算機情報を重畳するAR技術の魅力に気づき、ARにより適したHMDを作りたいと思うようになりました。



* Kiyoshi KIYOKAWA

1970年7月生
奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 博士後期課程修了 (1998年)
現在、大阪大学 サイバーメディアセンター 情報メディア教育研究部門
准教授 博士(工学) 人工現実感, 拡張現実感, 協調作業
TEL : 06-6850-6821
FAX : 06-6850-6829
E-mail : kiyo@ime.cmc.osaka-u.ac.jp



図1 : 対面協調三次元デザインシステム :VLEGO

3. 拡張現実感とヘッドマウントディスプレイ

本来 AR とは現実の拡張であり、利用者自身の能力では現実世界から感じ取ることのできない情報を感じられるようにする「感覚変調技術」です。この観点で広く捉えれば、補聴器や望遠鏡も原始的な AR 装置といえます。従って、AR 用 HMD に求められる性質は、究極的には、視覚をはじめとする各種感覚のスペックと同等以上の感覚提示ができることです。例えば視覚であれば水平 200 度×垂直 125 度程度の視野に角度分解能 0.5 分、ダイナミックレンジ 80db、時間分解能 60Hz 程度の映像提示ができる、ということです。また、AR では現実と区別のないようなリアルな三次元 CG を実環境に違和感なく重畳表示したいという要求があります。そのためには実環境の奥行きや光源情報を実時間で計測する機能や、それに基づいて映像合成を行う機能など AR ならではの様々な機能への要求も出てきます。実際にはそれらをすべて実現することは困難なので、各種のトレードオフを勘案して適切な妥協点を探る必要があります。

4. 映像合成に適した光学透過型ヘッドマウントディスプレイ

AR で実環境に計算機の映像を合成するには主に 2 つの方式があります。1 つはビデオ透過型と呼ばれる方式で、ビデオカメラで実環境を撮影し、そのライブ映像に計算機の映像を合成して映像ユニットへの入力とします。映像合成が自在にできるというメリットがある一方で、実環境の映像がビデオ画質に劣化する点、システムトラブル時に何も見えなくなる点などで問題があります。もう 1 つは光学透過型と呼ばれる方式で、ーフミラーなどを用いてそれを透過する実環境とそれに反射するモニタの映像を同時に提示します。構成が簡単かつ安全というメリットがある一方で、実環境の映像を変調することが困難という問題があります。この方式では、例えば黒い CG を提示しようとする単にそこには向こう側の実環境が透けて見えてしまいます。CG が常に半透明のゴーストとして表示される問題を解決するためには、画素単位で光の透過・非透過を切り替えられる光変調素子が必要です。私は 1999 年から 2003 年頃にかけて通信総合研究所（現情報通信研究機構）にてこの問題に取り組み、レンズ対で透過

型 LCD に中間像を結像させる方式と実時間測距装置を用いて、実環境と三次元 CG を自在に合成できる光学透過型 HMD、ELMO を開発しました。図 2 では、白い実物体に 2 つの三次元 CG を重畳表示しています。提案方式では従来方式よりも三次元 CG のリアリティが増しているのが分かります。

この時期は奈良先端科学技術大学院大学の出身研究室を離れてひとり立ちする自信が付き始めた頃でした。2002 年に学生時代の直接の指導教官であった竹村治雄教授のお声掛けで、現職に赴任することとなります。

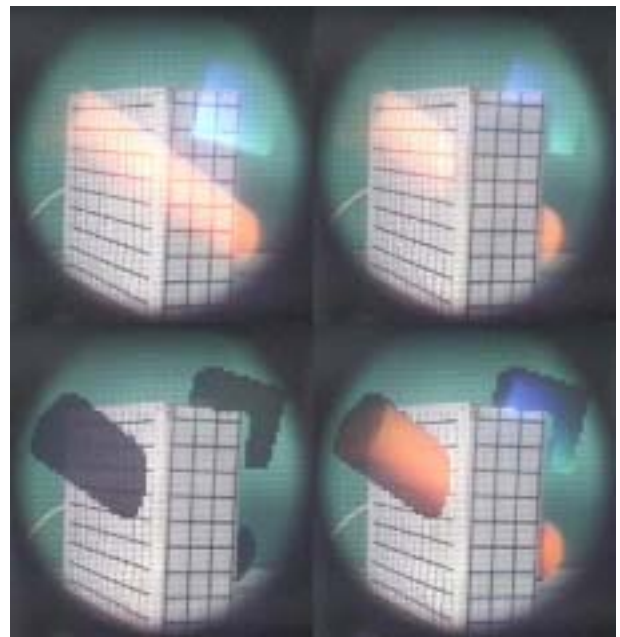


図 2 : AR 向け映像合成に適した光学透過型 HMD: ELMO (左上) 従来方式による映像, (右上) 奥行きを考慮した映像, (左下) マスク映像, (右下) 提案方式による映像

5. 超広視野ヘッドマウントプロジェクタ

従来の光学透過型 HMD は視野角が狭く、せいぜい水平 60 度程度でした。広い視野角は臨場感や状況認識能力の向上に役立つことが知られています。人の視野に匹敵する広い視野角と光学透過性を両立することは極めて難しく、狭い視野角の映像ユニットを縦横に並べる方式（タイリング）などが提案されています。しかしタイリング方式はユニット境界の不連続、色ムラなどの不均一、製造コスト増、重量増などの問題が生じます。2006 年頃から現在にかけて、この問題に取り組んでいます。2007 年には双曲面ーフミラーと市販のプロジェクタを用いる方式で極めて広い視野角の映像を投影できるディ

スプレイ，HHMPD を試作しました．この方式の難点は再帰反射スクリーンが必要な点で，屋外 AR などでの利用を考慮するとこのスクリーンの半透過化が必要です．そして2011年，スリット状の再帰反射材を用いた瞳分割方式による再帰半透過スクリーンを試作し，これを用いたモバイルHHMPDを試作しています．スリット間隔が瞳径より十分小さいため，実用的な視距離ではスクリーンは透過的に見え，かつスクリーンに投影された映像にも欠損が生じません．

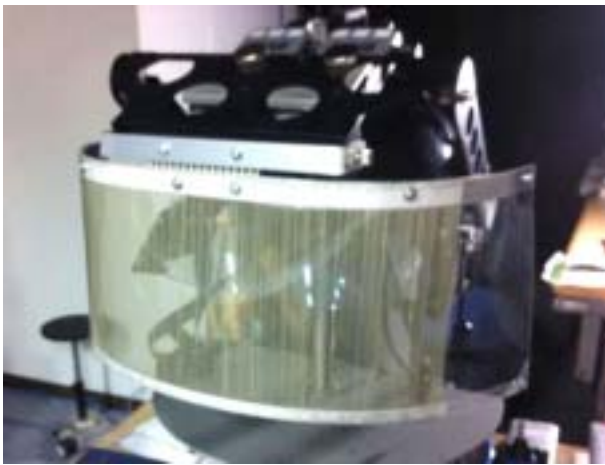


図3：超広視野ヘッドマウントプロジェクタ：HHMPD

6．超広視野アイカメラ

ARシステムで計算機情報を重畳提示する場合，その提示情報や提示方法はユーザや周囲環境などの状況に依存して選択される必要があります．ARでは，現実世界のコンテキストを汲み取り，そのコンテキストに則した情報をそのコンテキストに則した形で提示できることがVRやウェアラブルコンピューティング等との大きな違いです．特に，スマートフォンやハンドヘルドPC等と異なり，HMDは頻繁に着脱することなく長時間連続して装用することを想定しています．また，AR用HMDは，中心視野を含む両眼の広い視野に映像提示を行います．このため，不要な情報提示は利用者の視界を妨げ，行動支援に逆効果となるばかりか状況によっては危険ですらあるといえます．

今情報提示すべきか，提示するならば最も有益な情報は何か，を判断するためには，位置，時刻，天候，交通情報など環境依存の外的状況，あるいは視線，運動，体調，心理状態，スケジュールなどの利

用者依存の内的状況など様々な情報を計測あるいは推定することが重要です．その意味において，HMDへのセンシング機能の統合は今後極めて重要になると考えます．カメラ，GPS，ジャイロ，コンパス，加速度センサといったお馴染みのセンサだけではなく，照度や気温などの環境センサ，脳波や心拍，体温などの生体センサとの統合も考えられます．

HMDに統合されるセンシング機能の中でも，視線検出は特に数多くの試みがなされています．視線と同時にユーザ視点の映像を記録するアイカメラは注視対象の認識に重要ですが，従来のアイカメラはユーザ視点とカメラ視点の視差をなくすことと，肉眼に匹敵する広視野映像を獲得することは両立が困難でした．2008年ごろから現在にかけて，この問題に取り組んでいます．図4に示すように，先のHHMPDに似た光学系を用いて，双曲面ハーフミラーでこれを実現するアイカメラを試作し，これに適した視線検出アルゴリズムも開発しています．現在HHMPDとの統合に取り組んでいます．

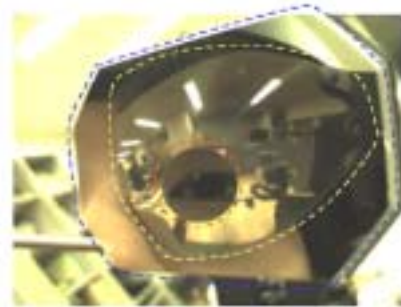
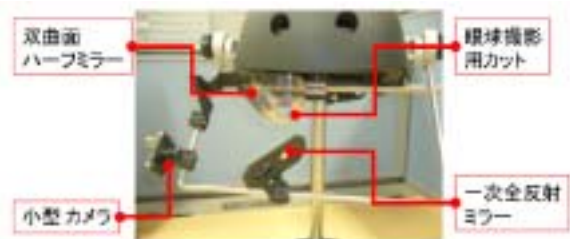


図4：超広視野アイカメラ(上)外観，(下)撮像例

7．おわりに

HMDは1990年代前半のブームを経て，一旦研究開発が下火となった後，ここ数年は大手メーカーが再参入するなど再び注目を集めています．例えば，ホログラフィック導光板などを用いて，厚さ数mmで通常のメガネと変わらない外観を実現した小型軽量HMDがいくつか発表されています．また，完全

ワイヤレス化，メディアプレーヤー一体型，超小型カメラ内蔵など，様々な拡張機能を備えたHMDが発表されています．今後も多機能化の傾向は強まると予想されます．

AR自体の世間的注目と相まって，今後の民生用HMD市場は近年になく活況を呈すると期待されます．ただし，ほとんどのHMDはあくまでも映画などの映像コンテンツを手軽に楽しむ「パーソナルテレビ」的な用途を想定しています．ARが本来実現したい機能は現在の一般的なHMDでは取り扱っていない性質のものが多く，その意味でAR用HMDはまだまだ発展途上です．例えば，本稿では取り上げてい

ない時間遅れの補償の問題，焦点調節の問題，などARならではの様々なトピックについて研究がなされています．未来のメガネとしていつかHMDが当たり前のように使われる日が来るかも知れません．今後の発展に大いに期待したいですし，微力ながら貢献していきたいと思えます．

末筆になりましたが，学生時代から現在に至るまで長きに渡りご指導いただいている竹村治雄教授をはじめとするサイバーメディアセンター情報メディア教育研究部門の皆様，および「生産と技術」の関係者の皆様に，心より感謝申し上げます．

