

複合現実型立体図鑑・カタログにおける アイテム揭示法に関する考察

Some Considerations on Presenting Virtual Items in Mixed-Reality Based 3D Pictorial Books and Catalogs

大川卓哉, 鈴木瑞枝, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行

Takuya OKAWA, Mizue SUZUKI, Fumihisa SHIBATA, Asako KIMURA, and Hideyuki TAMURA

立命館大学 情報理工学部

(〒525-8577 滋賀県草津市野路東1丁目1-1)

Abstract: Mixed Reality presentation technique is expected to provide strong power to utilize in museum display, picture book, merchandise catalog and maintenance manual. For such applications achieved in the near future, we studied on the effective display and interaction method in MR presentation. In this paper, the relationship between the item's size, display position, and operation method and its visibility was experimented and examined systematically with "MR pictorial book of insect" which display various three dimensional CG insects through video see-through HMD.

Key Words: *Mixed Reality, Stereoscopic View, Visibility, Psychophysics, Multimedia Presentation*

1. はじめに

仮想と現実を融合する複合現実感 (Mixed Reality; MR) 技術は、絵本・図鑑、百科事典、商品カタログ等における電子的な情報提示としての利用が期待されている。元来、図鑑やカタログでカラー写真が多用されるのは、なるべく忠実に対象品目の外観を再現することにより、説得力や購買意欲を増したためであった。印刷物として提供されていたこの種の情報は、近年 CD-ROM や Web ページで提供されることも多くなっている。であれば、さらに新しい電子的な情報提示手段で、より説得力の増す教材や商品情報が提供することは、今後大いに有望な映像メディア利用形態であると考えられる。

MR 技術の特長は、アイテムを任意視点の CG 映像として描き、かつそれを現実世界に重ねて提示できることである。立体視機能を持たせることも、実世界に存在するオブジェクトと比較対照できることも魅力である。現在の MR システムは、まだまだ高価で利用環境も限られているが、将来廉価で使い勝手の良い製品が供給されるようになれば、図鑑やカタログの他に、ミュージアム、ショールームでの展示や、保守マニュアル等にも利用されるだろう。

MR システムのこれまでの事例では、屋内外の比較的広い空間を使った活用法が注目されがちであった。しかし、上記のような用途の場合には、目の前の至近距離にオブジェクトを立体的に提示し、それをじっくり眺めることが要求される。こうした利用が増え、一般的になって行くならば、それに適した効果的なアイテム提示法やインタラ

クションの方法を工夫すべきである。利用者の視覚特性や好みに応じて、視認性が高く、直観的で使いやすいシステムを構築できることが望ましい。

我々は以上のような観点から研究を進めているが、実験対象となる事例として「MR 昆虫図鑑」を開発した[1]。このシステムを活用して、オブジェクトの表示位置や大きさを変化させ、視認性や操作方法の検証実験を行なったところ、興味深い結果が得られた。以下では、まず立体図鑑・カタログが具備すべき一般的な機能について述べ、しかる後にこの実験結果を分析し、得られた知見を報告する。

2. 複合現実型立体図鑑・カタログに必要な機能

実在する書籍形状の図鑑・カタログとリンクさせて、じっくり眺めたいアイテムを 3D-CG 映像として MR 重畳表示する形態の利用法を想定し、MR 図鑑・カタログが備えるべき一般的な機能を検討した。

2.1 理解促進のための機能

(1) 実物大表示と拡大・縮小表示

なるべく忠実に掲載アイテムを再現するという意味からは、実物大での表示機能は必須項目である。MR 環境では、実世界に比較対照したい実物体を併置することも可能であるので、原寸大、実物大の表示は大きな意味をもつ。もちろん、意図的に拡大縮小して観察したいことも多々あり得るので、実物大表示と拡大縮小表示が容易にモード切り替えでき、かついずれのモードであるかを確認できるこ

とが肝要である。

(2) 立体映像表示と視点追従機能

忠実な再現性という意味では、自然な視差のついた立体映像表示が望ましい。また、ヘッドトラッカーを用いて、利用者の視点移動に追従し、表示物体を側面から観察できることが望ましい。

(3) 照明環境の変化への対応

MR 表示の場合、CG 物体に利用現場の照明環境に合致した自然な陰影をつけることが基本である。この照明の変化に対応できることや、意図的に別の光源を想定した陰影付けを行なえる機能もあれば好都合である。

(4) 半透明表示とアニメーション

表示対象が内部構造をもつ場合には、表面を半透明表示して内部が視認できれば、より説得力が増す。本来動きを伴うものであれば、各部を動作させ、アニメーション表示できることが望ましい。機械製品ならば動作状況を、動物の場合は走ったり、飛んだりする様子を観察できれば、より充実したカタログや図鑑になる。

2.2 対象物の操作に関する機能

(1) 表示形態の調節機能

固定位置で対象物を表示するのではなく、好きな位置、角度、距離から観察するために実装すべき機能である。上述した拡大・縮小機能に加え、平行移動や回転機能が備わっていて、それを無段階で調節できることが望ましい。物理的な要因により観察位置が制限されるときや、あるいは多数の観察者がいる時は、その状況に最適な展示形態に調節できる機能が実装されているべきである。

(2) インタラクション機能

表示アイテムの操作、上述した機能の切り替え等には各種インタラクティブ・デバイスを用いた対話機能が不可欠である。MR 体験の場合には、対話デバイスを直接視認できるので、ペン型入力、ダイヤル、ボタン等の利用の他に、利用者自身の「手」がもっとも強力な、直観的で微妙な操作のツールとなる。

3. 実験対象と評価検討項目

3.1 MR 昆虫図鑑

本研究の実験対象として「MR 昆虫図鑑」を試作した[1]。このシステムでは、図 1 に示すように実世界の存在する冊子のページをめくりながら、体験者がビデオスルー型 HMD をかけて見た時に、当該ページに対応する昆虫（クワガタ、蝶など）が 3D-CG で描いた立体映像として重畳表示される。

体験者は頭部と指に位置姿勢検出用の磁気センサを装着しているため、下記のような操作が可能になっている。

- (a) 昆虫を指の先につけていろいろな角度から眺める
- (b) ボタンつきのセンサを近付けることで、拡大・縮小表示して眺めることができる



図 1 MR 昆虫図鑑の利用風景

(c) 指を速く動かすことで昆虫を遠くに飛ばし、飛ぶ様子を観察できる

この「MR 昆虫図鑑」はキヤノン製の「MR プラットフォーム」[2]上に構築されているが、以下の実験を実施する上で重要なのは、ここで用いられているのがパラレス型ビデオスルーHMD (Canon VH-2002)であるという点である。即ち、左右両眼とも、内蔵カメラの撮像光学系と小型液晶パネルの表示光学系の光軸が一致しているため、現実世界の光景と重畳表示されたCG映像間は視差なく立体視が可能となっている。

3.2 評価検討項目

このMR 昆虫図鑑を利用して、アイテムの表示位置や操作方法が視認性に与える影響を実験・評価する。

MR 環境における好ましい表示位置と大きさに関しては、既に文献[3]の研究があるが、対話をする擬人化エージェントとじっくり対象物を眺めたい場合では状況が異なるので、ここでは

- ・実験 1：表示位置と視認性
- ・実験 2：操作方法の比較

に関しての実験を行なった。

本実験は男性5名、女性2名の計7名の被験者を対象に、4種類の昆虫のCG（クワガタ、アゲハ蝶、てんとう虫、ハチ）を表示アイテムに使用した。

4. 実験 1：表示位置と視認性

表示アイテムの好ましい表示位置や大きさを考える上で問題となるのは、近くに寄せて大きく見る場合と、遠くのものに拡大表示して大きく見る場合の違いがあるかどうかである。画像内に占める画角、ポリゴン数が同じで手前で遮るものがなければ、遮る背景、画質は同じなので、単眼画像の場合は遠近の区別がつかない。

本システムの場合、両眼立体視が基本であるため、頭部を前後左右に動かした場合、識別可能なのは言うまでもない。では、頭部を完全固定した場合どうなるか、カメラ内蔵のビデオスルーHMD であるため、そう高画質でない結像面固定の液晶パネルを観察するだけでは遠近の識別はできないのではないかと予想される。

そこで予備実験として、上記仮説を検証するために、まず開発者自身が遠近識別の実験を行った。

4.1 予備実験

【仮説】HMDの視野を占めるCGオブジェクトの画角が一定の場合、複合現実空間中のオブジェクトの位置を変化させても、その違いが識別できない。

【実験方法】ビデオスルー型HMDを装着して、頭部を完全固定する。昆虫(クワガタ)のCGを視点から前方50cmと100cmの位置に交互に表示させる。この時、CGが視野を占める割合が一定になるように、HMDからの距離に比例してCGオブジェクトを拡大する(図2)。

【実験結果】予想に反して、明らかに遠近の差が知覚でき、50cmの方が見やすいと感じた。被験者を変えても結果は同じであった。

【考察】画角一定、固定の液晶表示面を観察、頭部固定で運動視差なしであっても、両眼立体視している以上、近くの物体に対しては両眼を輻輳させるため、遠近の識別ができるようである。

この結果から、ではどの位置にアイテムを置いて観察するのが好ましいのか、複数のアイテムを複数の被験者に提示して実験することにした。

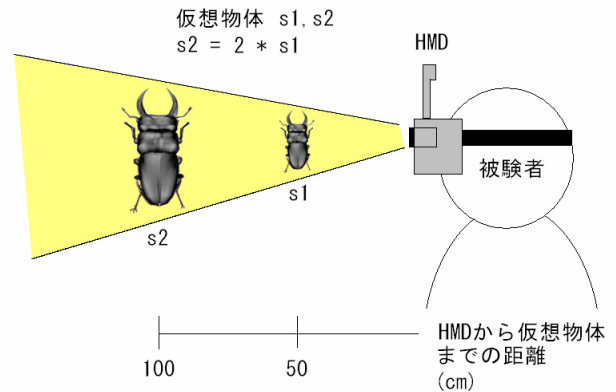


図2 実験方法

表2 最も視認性が高いと判断した距離

(頭の向き正面固定/固定なし; 単位: 人)

	クワガタ	アゲハ蝶	てんとう虫	ハチ
30cm	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4
50cm	4 / 2	3 / 2	4 / 2	4 / 2
70cm	2 / 0	3 / 1	1 / 1	1 / 1
90cm	0 / 1	0 / 0	2 / 0	2 / 0
110cm	1 / 0	1 / 0	0 / 0	0 / 0

4.2 実験1A: 表示位置と視認性

【目的】CGオブジェクトの表示位置を変化させて、最も視認性の高い位置を見つける。同時に、表示アイテムや被験者の個人差の有無も検証する。

【実験方法】昆虫を4種類に増やし、視野内に占める比率も大小2種類ずつとした(表1)。表示位置は、30cm, 50cm, 70cm, 90cm, 110cmと段階的に変化させる。本研究に従事しない被験者7人に対して、頭部位置と向きを固定する場合と固定しない(即ち、顔を動かせばオブジェクトの側面が見える)場合それぞれに関して、最も見やすい位置を選ばせた。

表1 HMDの視野を占める割合

クワガタ	アゲハ蝶	てんとう虫	ハチ
13.45%	15.13%	2.63%	2.84%

【実験結果】被験者が最も視認性が高いと判断した視点からの距離を表2に示す。頭部固定の状態では、30cm, 50cmは近過ぎて見にくいと答えた被験者も、固定を解除した場合には、総じてより近いポイントが見やすいとした。

【考察】予備実験で得た遠近識別可能でかなり近い位置が好まれるという結果が再確認できた。昆虫の種類、画角の違いによる影響はほとんど見られなかった。30~50cmの表示位置が好まれるのは、日常この位置で物を熟視する習慣からかと思われる。ただし、70cm以上の表示位置を好む被験者(2名)も厳然と存在するので、個人差があることは否めない。

4.3 実験1B: 視認性が高い範囲の測定

【目的】連続的に変化させた場合の視認性が高いと感じる範囲を測定する。

【実験方法】前実験と同じ被験者に対して、頭部固定し、表示位置を20~150cmの範囲で連続的(無段階調節)に変化させて、見やすいと感じる位置を答えさせた。

【実験結果】被験者が視認性が高いと判断した位置の範囲を表3に示す。ほとんどの被験者が表2に示した距離を含む範囲を答えている。上限が示されていないのは、最遠点まで高い視認性を保ったという意味ではなく、明確な許容限界が答えられなかっただけである。

表3 視認性が高いと判断した距離

距離を無段階調節した場合(頭部正面固定)

	クワガタ	アゲハ蝶	てんとう虫	ハチ
被験者A	62~87	37~82	44~101	42~104
被験者B	41~91	50~103	49~95	43~77
被験者C	25~	30~	23~	39~
被験者D	56~94	67~86	49~84	47~78
被験者E	63~94	58~132	64~128	67~123
被験者F	22~87	49~127	45~99	27~78
被験者G	61~	96~	73~	65~

(単位: cm ※小数点以下切捨て)

【考察】連続的な変化に対しては、許容できる範囲も広くなると予想したが、その通りの結果となった。

4.4 実験のまとめ

本実験で、ビデオスルー型 HMD において CG を表示させる場合、遠くで拡大して表示させるよりも、大半の利用者には、視点から 50cm 前後の距離で表示させるのが視認性が高いという結果を得た。ただし、視認性が高いと感じる範囲には個人差があり、70cm 前後以降を好む利用者もいるので、実際にシステムを構築する際には、表示位置を調節できる機能を備えることが望ましい。

5. 実験 2：操作方法の比較

MR 環境の大きな特長の 1 つは、体験者が自分自身の身体の一部を視認できることである。これは、最も直感的で操作しやすい自分の「手」の位置や動きを確認できることになり、インタラクティブ・デバイスとしての最有力候補となる。その一方で、手は動かしやすいが、正確な位置制御ができないという欠点も有している。この点では、キーボードやジョイスティックなどのインタフェース機器の方が優れている。

そこで、MR 図鑑でのアイテム提示という目的のためには、対象物を手で操作する場合とキーボードで操作する場合では、どちらが観察しやすいかを比較評価することにした。

5.1 実験 2A：手操作の有用性の確認

【目的】昆虫に対して行う操作（移動、回転）を手操作とキーボード操作のどちらが観察しやすいかを比較する。

【実験方法】手操作は、手の指に付けた磁気センサで、手の平にキャッチした昆虫を手の動きに追従させて表示・観察する。キーボード操作は、平行移動・回転のモード切り替え可能で、6 つのキーを用いて、3D 空間内の移動、3 軸周りの回転を制御する。

【実験結果】手を用いて操作の方が分かりやすく、操作の自由度が高いという理由から、被験者全員が手の方が観察しやすいと答えた。

【考察】ある意味で当然の、予想通りの結果を得た。PC ゲームをキーボード操作で行なう利用者でも、許される環境なら手操作を好むと結論づけられるだろう。

5.2 実験 2B：手の平と手の甲の比較

【目的】上記の結果を踏まえ、手にアイテムを固定する場合、「手の平」と「手の甲」のいずれが好ましいかを評価する。

【実験方法】これまでと同じ 7 人の被験者、同じアイテムに対して、「手の平」と「手の甲」のどちらが観察しやすいかを答えさせた。手が動かせるので、観察位置は被験者の自由である。

【実験結果】いずれでも大差ないという答えも多く、表 4 のような結果となった。

表 4 手の平と手の甲ではどちらが観察しやすいか

	クワガタ	アゲハ蝶	てんとう虫	ハチ
手の平	5	3	4	3
手の甲	1	2	1	0
違いなし	1	2	2	4

(単位：人)

【考察】習慣から、クワガタは「手の平」で、蝶は「手の甲」に止まらせて見るという答えを予想した。ある程度この予想に合致したと言えなくもないが、全体としては明確な傾向が見出せないと言えるだろう。

5.3 実験のまとめ

本実験で、インタラクティブ・デバイスに利用者自身の手を用いることが利用者にとって直感的でわかりやすいことが検証できた。また、対象物を観察する際に手の平、手の甲でも明確な傾向はなく、手を滑らかに動かせるという自由度さえ確保できれば良いという答えを得た。

6. むすび

本研究では、まず MR 技術を利用した立体図鑑・カタログにおけるアイテム提示に必要な機能を一般的に検討した。次に、この検討をもとに事例として試作した「MR 昆虫図鑑」を用いて、対象物の視認性と操作性に関する実験により興味深い知見を得た。

アイテム提示の際に利用者にとって視認性の高い表示位置は、利用者の視点から 50cm 前後の範囲であり、さらに表示位置の調節機能を備えるべきであることを示した。また、インタラクティブ・デバイスに利用者自身の手を用いることが有効であることを実証した。小人数の被験者による実験であるが、この結果は一般に通用するものと思われる。

参考文献

- [1] 柴田史久, 吉田友祐, 古野光紀, 酒井理生, 木口健治, 木村朝子, 田村秀行:“Vivid Encyclopedia - MR 昆虫図鑑 -”, 日本 VR 学会第 9 回大会論文誌, 2004 (本大会) .
- [2] S. Uchiyama, K. Takemoto, K. Satoh, H. Yamamoto, and H. Tamura:“MR Platform: A basic body on which mixed reality applications are built”, Proc. IEEE and ACM Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp. 246-253, 2002.
- [3] 穴吹まほろ, 若月裕子, 山本裕之, 田村秀行:“複合現実空間に存在する擬人化エージェントの実現”, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.7, pp.1957-1966, 2001.