MR Book: ミクストリアリティによるインタラクティブ図鑑の制作 (1) ユーザインタフェースの検討

山内稀惠 †1　大島登志一 †1

概要：本研究では，複合現実感（Mixed Reality; MR）の体験形式の中でもビデオシースルー型 HMD 方式によるリアルとバーチャルとの整合性の高い視覚的融合体験を基盤として，紙媒体である書籍にマーカを組み込んだ図鑑を制作して，多様なマルチメディアコンテンツにより図鑑としての効果の増強を図った．コンテンツ部とユーザインタフェース部を分離し，共通性の高い操作を実現した．コンテンツ部には書籍型と実体型とを試作し，ムービーや CG 画像による多様なコンテンツのプラットフォームとなるようデザインした．本論文では，特にユーザインタフェース部分の検討について述べる．

1. はじめに

複合現実感（Mixed Reality; MR）や拡張現実感（Augmented Reality; AR）は，仮想空間の情報を現実空間に重畳して提示し，現実物と仮想物の融合体験をよりリアリティ高く体験できる技術として注目を集め，近年実用性も高まってきている．これらの技術（AR と MR を併せて AR/MR と表記）は，当初より現実物と仮想物を融合するという観点から，現実物の形態を生かした利用方法が提唱されてきた．たとえば，2 次元平面上に描かれたマーカを用いた位置合わせ手法の初期の研究事例として，暦本の 2 次元マトリクスコード CyberCode[1]においては，飛び出す絵本や恐竜の骨格模型など，教育用を想定したコンテンツが提案されていた．また，Billinghurst らの MagicBook[2] では AR/MR の利点を活用した研究として，本を媒介してリアルとバーチャルとを行き来するインタラクティブ・コンテンツの枠組みを提案した．現在では，スマートフォンやカメラを備えたパソコンで，紙媒体の上に CG モデルや動画を観察することのできる MR 図鑑も販売されている[3][4].

本研究では，このように AR/MR の応用としてはオーソドックスともいえるバーチャル書籍を対象とし，主に教育現場での利用を前提に実用的なコンテンツを載せていくプラットフォームの実現を目指す．多様な AR/MR のディスプレイ形式の中でも，HMD（Head-Mounted Display; 頭部搭載型表示装置）による主観視点体験であり，かつ現実風景をカメラで取得しコンピュータ上で CG を合成するビデオシースルー形式を前提とする．このビデオシースルー型 HMD をキーデバイスとして，バーチャルとリアルとをシームレスに体験できることを特徴とする当該ディスプレイ形式の利点を活かして，インタラクティブな MR 図鑑を制作するフレームワーク「MR Book」を開発している．MR 図鑑には，フィジカルな図鑑として機能するものをベースに，テキスト情報・2 次元画像・ムービー・3D モデルといった多様な形式のデータを複合させる．本論文では，CG を重畳させる MR カードインタフェースをコンテンツパートとユーザインタフェースパートとに分離し，多様なコンテンツに対応できるよう，コンテンツパートではボードタイプと立体造形タイプとを用意し，ユーザインタフェースパートでは，汎用性の高い操作を実現したことについて述べる．

2. MRBook-MR 型図鑑のフレームワーク

2.1 関連研究

MR 型昆虫図鑑の事例[5][6]では，を制作した．体験者はヘッドマウントディスプレイを装着し，ペン型デバイスでの入力，ダイヤルやボタンでの角度変更，拡大縮小や，昆虫の挙動を観察できる．加藤らのマジックパドル[7]では，ヘッドマウントディスプレイを装着し，カタログを見ると仮想物体が表示され，マーカ付きのパドルデバイスで「すくう」「振る」「傾ける」「押す」「叩く」といったインタラクションを実現した．本研究では，カード型 MR の利点として他にデバイスが不要であることに着目し，マジックパドルのように，すべてのインタラクションをマーカでおこなうというインタフェースとする．

2.2 MRBook システム

MR Book システムの全体像を図 1 に示す．

図 1　MR Book 体験の様子

†1 立命館大学

© 2019 Information Processing Society of Japan

また，システム構成を図 2 に示す．ユーザインタフェースは，頭部に装着するビデオシースルー型 MR HMD（キヤノン MREAL HM-A1）と机上で操作するマーカ付き図鑑インタフェースから構成される．

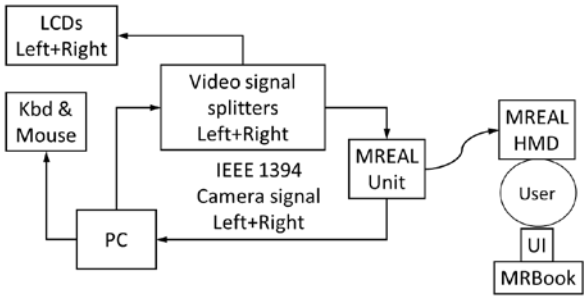

図 2　MR Book システム構成

HMD を装着して図鑑（図 3）を観察すると，図 4 に示すようにコンテンツ表示用のマーカ（図 3 上部：コンテンツマーカ）上に CG モデルや動画が表示される．また，ユーザインタフェースの 4 つのマーカ（図 3 下部：UI マーカ）には，操作方法を示すアイコンが重畳表示される．

図 3　MRBook 図鑑インタフェース

図 4　体験映像

またさらに，改良した図鑑インタフェースでは，図 5 に示すように，コンテンツパート（画像上）とユーザインタフェースパート（画像下）に分割され，コンテンツパートのマーカを入れ替えるだけで異なるコンテンツの切り替えが可能になっている．

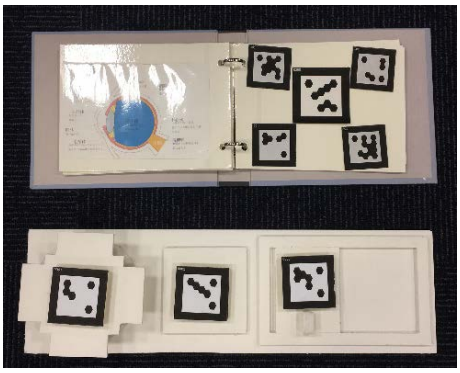

図 5 分離型図鑑インタフェース

図 5 の分離型図鑑インタフェースでは，コンテンツ共通の汎用 UI として 3 つのタンジブルウィジットを用意した．これにより，操作の幅は限られるが，デフォルトでユーザはどの本でも共通の UI マーカを利用して操作ができる．図 5 下部の UI パートにおいて，各マーカは，左から順に下記の機能を備えている．

①前後左右への傾きと回転：CG モデルの回転
②動画スイッチ：ムービーの再生・停止
③拡大縮小スライド：CG モデルの拡大・縮小

各 UI マーカの機能を表 1 に示す．

機能	アイコン	操作内容	可動機
前後左右の傾きと回転	回転矢印とシーソー	UI マーカを傾けると，同じ向きに本のコンテンツが傾き，回転させると同じ向きに本のコンテンツが回転する	UI マーカ下にスポンジを置き前後可動＋押しピンを軸とした円盤で回転する機構
動画再生	再生マーク	UI マーカに触れている間は動画が再生される	ベースボードに固定
拡大縮小	双方向矢印	UI マーカを左右にスライドさせるとCG モデルの大きさが変化する	左右にスライドする機構

表 1 UI マーカの機能

こうした，コンテンツパートとユーザインタフェースパートとを分割する利点として，図 5 に示すように，既存の図鑑や教科書など様々な本にオプションとしてマーカを装着することで，MR 機能拡張することができるということである．これによって従来のメディアを増強することが容易になり，教材資源の活用や教材の制作負荷を大きく軽減

© 2019 Information Processing Society of Japan

できると期待される．

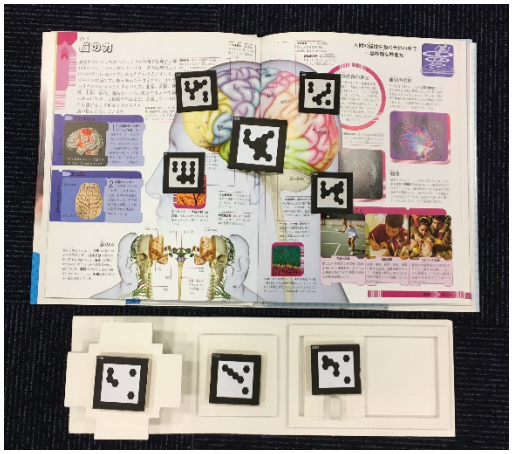

図 6 既存の図鑑の MR 拡張例

MRBook で用意したコンテンツのフォーマットでは，見開き 1 ページにコンテンツの名前，写真，コンテンツマーカ，解説文が記載される．コンテンツとして，3DCG モデルと動画・静止画が組み込まれる．コンテンツパートの手前にユーザインタフェースパートを設置して使用する．コンテンツパートは，物理的な図鑑としても機能するようデザインすることで，MR 機能なしでも楽しめるよう作り込むことができる．

2.3 ユーザインタフェースのデザイン上の工夫

マーカを UI として使う上では，カメラでマーカを観測しつつ, それを直接手で操作するという物理的な制約から，操作のしやすさと分かりやすさに留意する必要があった．これらについて，数度の試行展示を重ねて工夫を行った．

まず，マーカと操作との対応については，マーカ単体で示すことはむずかしく，MR 体験時にマーカに重畳するアイコンのデザインと，チュートリアルコンテンツを用意して，操作方法を教示するという手法をとった．

操作のしやすさという点では，操作時にマーカが隠れないよう取手部分を作ることをおこなった．また，マーカの可動機構についてスムーズで充分な可動域となるよう作成した．一方で，機能に沿った自由度の限定も行った．

2.4 コンテンツの制作のワークフロー

MR Book の枠組みにおいて，コンテンツ制作の利便性も高めるよう工夫をおこなった．コンテンツのフォーマットを定めた上でファイルの差し替えだけで新しいコンテンツを組み込めるようにし，またプログラム構造も整理し，部分的な改変である程度のカスタマイズができるようにした．動画と 3DCG モデルの組み込みに関しても，コンテンツ作成手順の整理をおこない，本開発者以外のユーザでもコンテンツ制作がおこなえることを実験で確認した．CG モデルの制作に関して，多数の写真から実物体をモデル化する方式であるフォトグラメトリによるモデルの組み込みもマニュアル化した．

また，図鑑型 UI だけでなく，図 7 に示すような実体造形型 UI も MR Book の枠組みとして含めることを進めている．これによって，図鑑や教科書だけでなく，より多くの模型などをインタラクティブなコンテンツとして教材化できると考える．

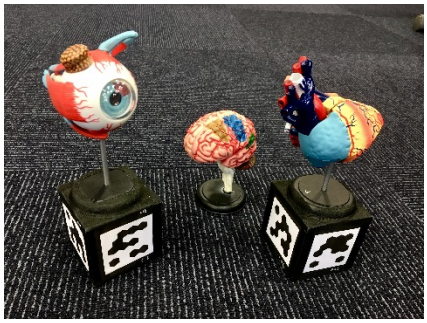

図 7　実体造形型コンテンツマーカ例

CG モデルや動画のコンテンツ表示が大きく，本の文字や挿絵を隠してしまっていたため，体験者の目から文字や挿絵を隠してしまっていたことも原因の一つだと考える. CG モデルや動画のコンテンツの大きさを考慮した MRBook のコンテンツ差し込み手順を考える必要がある．

コンテンツ差し替えでは，CG モデルの作成と差し替えは，2 名はできたが，残り 2 名は途中までできなかった．原因は，CG モデルの大きさが小さすぎて表示されていても見えなかったり，プログラム書き換えの際にデータ名を間違えて書き換えたりしていたためであった．動画の作成と差し替えは，3 名はできたが，1 名ができなかった．動画の作成はコマンドプロンプトの使用を必要としたが，コマンドプロンプトを利用したことがない体験者は，あらかじめ用意しておいた動画作成の手順を見ても操作が戸惑っていたため，作成が行えなかった．コンテンツ作成の手順に作成の際に使うソフトやツールの詳細な使い方を記載することが必要であった．また，今回の実験対象が学生 4 名であったため，体験者の母数を増やして，再度，差し替えの評価実験を行う必要がある．

3. むすび

本研究では，AR/MR を応用した MR 図鑑を制作する枠組みについて，ユーザインタフェースとコンテンツ制作の両観点から取り組み，そのコンセプトとプロトタイプシステムについて述べた．マーカによるユーザインタフェースをコンテンツパートとインタフェースパートに分離することで，従来の図鑑や書籍、さらには模型などを MR で増強することにより，学習効果の高い教材を提供することを目指した．数度の展示実験を通じて，UI マーカの改良を行うとともに，新しいコンテンツの作成が容易になるようプログラム構造の整理とデータ制作のマニュアル化をおこなっ

© 2019 Information Processing Society of Japan

た．その後の予備実験では，今後十分な可能性があることが確認できた．しかしながら，マーカをつかう MR であることの物理的制約により，動作の安定性などの観点から，マーカの工夫にはまだ多くの余地があることが明らかになっている．また，コンテンツの制作に関しては，ある程度のプログラミングスキルも要求される状況となっている．コンテンツ制作のチュートリアル自体をコンテンツ化するという計画もある．UI マーカの工夫と併せて，UI マーカの観測を別のカメラでおこなうなど，主観視点の視界をより広くとれるよう改良する必要もあるかもしれない。

今後，通常の書籍と MR Book による MR 化した書籍とで学習効果を比較するなど，システムの改良と併せて本格的な評価実験をおこなっていく．

謝辞 本研究は JSPS 科研費 16K00288 の助成を受けたものです.

参考文献

[1] Mark Billinghursta, Hirokazu Kato, Ivan Poupyrevc: The MagicBook: a transitional AR interface, Computers & Graphics, Vol. 25, Issue 5, pp. 745 - 753, Elsevier Science Ltd., Oct. 2001.
[2] 暦本純一: 2 次元マトリックスコードを利用した拡張現実感の構成手法, WISS’96 予稿集, 1996 年 12 月
[3] リチャード・ウォーカー編, 伊藤伸子訳: 人体図鑑-3D アニメーションで見て学ぼう, 化学同人 (2012)
[4] 阿部和厚編，学研の図鑑 LIVE 9 人体,学研教育出版 (2015)
[5] 柴田史久, 吉田友佑, 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，日本バーチャルリアリティ学会第 9 回大会論文集 (2004 年)
[6] 大川卓哉, 鈴木瑞枝, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行: 複合現実立体図鑑・カタログにおけるアイテム提示法に関する考察，日本バーチャルリアリティ学会第 9 回大会論文集, pp. 297 – 300 (2004)
[7] 加藤博一, Mark Billinghurst , 鉄谷信二, 橘哲八郎: 拡張現実技術を用いたタンジブルインタフェース, 芸術科学論文誌 Vol. 1, No. 2, pp. 97 – 104 (2003)

© 2019 Information Processing Society of Japan