

マジカル・ミステリー・ルーム —家具再配置を例とした実時間隠消現実感体験—

Magical Mystery Room ---Furniture Rearrangement as an Example of Interactive Diminished Reality---

坂内 大樹¹⁾, 松見 優一¹⁾, 酒井 章伸²⁾, 森 尚平²⁾, 柴田 史久¹⁾, 木村 朝子¹⁾, 田村 秀行³⁾
Daiki Sakauchi, Yuichi Matsumi, Akinobu Sakai, Shohei Mori,
Fumihisa Shibata, Asako Kimura, and Hideyuki Tamura

¹⁾ 立命館大学 情報理工学部, ²⁾ 立命館大学大学院 情報理工学研究科, ³⁾ 立命館大学 総合科学技術研究機構
(〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

概要: 本論文では, 現実空間で撮影された画像から実物体を実時間で視覚的に隠蔽・消去・透過する技術である隠消現実感技術を利用した家具再配置シミュレーションシステムを提案する. 本提案システムにおいて, 体験者は HHD (Hand Held Display) 越しに見える複合現実空間中で家具の 3 次元モデルを配置するだけでなく, そこに存在する家具を指定して除去したり, 別の場所に配置し直したりすることができる. 隠消現実感, 体験者視点から除去対象によって隠された空間である隠背景に相当する画像を再構築し, 重畳表示することで実現できるため, 本システムでは, 事前に撮影した画像群から隠背景の幾何形状及び色情報を復元し, 体験者視点の位置姿勢推定と除去対象の隠蔽に利用する. これにより, 体験者は任意の視点で本システムによる合成結果を確認できる.

キーワード: 隠消現実感, 複合現実感, レイアウト・シミュレーション

1. はじめに

現実世界から不要な実物体を視覚的に隠蔽・消去・透過させる隠消現実感 (DR) は, 複合現実感 (MR) の発展技術である. 最近, 様々な観点からの DR 研究が活発化しているが[1], 体験者に眼前の実物体を消して見せる実時間 DR 体験の展示例はまだ殆ど例がない. 我々は, DR の研究成果を不特定の一般参加者に体験してもらい, 実時間実地体験から改善点の指摘を受けることが, 当該技術の発展に繋がるものと考え, 技術展示会場で安定して稼働する DR システムを目指した. 実現例の題材として「家具の再配置シミュレーション」を選び, 「マジカル・ミステリー・ルーム」を開発した. VR や MR の応用例として再三報告されている題材だが, 本システムでは, 実物家具を残したまま DR&MR 体験できるのが最大の特長である.

2. 提案システム

図 1 にシステム構成, 表 1 に機器構成を示す. 本システムは, セットを俯瞰する固定視点カメラの映像を見ながら家具の配置や除去を行う操作者と, セット内及びその周りで HHD (Hand Held Display) を持って操作結果を観察する観察者に分かれて体験する.

2.1 操作者によるインタラクション

操作者はマウス操作により, 家具の除去 (図 2, 3), 追加 (図 4), 再配置, 回転, 色の変更を行うことができる.

尚, 固定カメラの位置姿勢及び内部パラメータを較正済みであるとする.

【家具の追加】 部屋にない家具を配置する場合は, 画面中に用意されたメニューから追加したい家具を選択し, セット内の任意の位置にドラッグ&ドロップすることで, 仮想の家具が MR 合成される.

【家具の除去】 既に配置した仮想の家具やセット内にある実物の家具を除去する場合, 家具をゴミ箱の位置までドラッグ&ドロップする. 実在する家具の除去は, 後述の DR 処理により実現する.

【家具の再配置】 既に配置した仮想の家具や実物の家具を再配置する場合は, 画面中の家具をドラッグ&ドロップすることで任意の位置に移動させる. 実物の家具を再配置する場合, その家具は後述の DR 処理により視覚的に除去さ

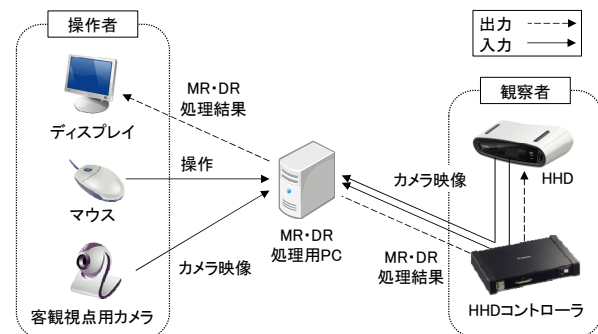


図 1 システム構成

表 1 機器構成

機器名	モデル名
PC	OS: Windows7 Professional SP1 CPU: Intel Core i7 4770K (3.50GHz) GPU: GeForce GTX 780
HHD	Canon MREAL HH-A1

れ、代わりに仮想の家具が MR 合成される。

【家具の回転と色の変更】画面中の家具にマウスオーバーすると、回転ボタンと色変更ボタンが出現する。回転ボタンをクリックするとその家具が回転し、色変更ボタンをクリックすると色が変わる。

2.2 観察者のカメラ位置姿勢推定

DR 処理結果を提示するためには、移動する観察者が持つ HHD の位置姿勢を推定する必要がある。本システムでは、DR 処理に利用する隠背景のテクスチャ付の 3 次元幾何モデル（隠背景モデル）をカメラ位置姿勢推定にも利用する画像ベースの位置合わせ手法を実装した。

【初期位置姿勢推定】初期位置姿勢 M_0 を推定するために、HHD から入力される現画像 I_{cam} と隠背景モデルとの対応関係（2D-3D 対応）を得る。あるカメラ位置姿勢を入力として隠背景モデルを描画すれば、画像 I_{cgi} と奥行き画像 I_{depth} が得られる。つまり、 $I_{cam}-I_{cgi}$ 間で特徴点マッチングを行い 2D-2D 対応が、 $I_{cgi}-I_{depth}$ 間で 2D-3D 対応が得られるため、求める 2D-3D 対応が得られる。その結果から、PnP 問題を解く [2] ことで初期位置姿勢が推定できる。

本システムでは、体験者の移動範囲を限定できるため、その範囲内で得られたデータセットのすべてと I_{cam} とのマッチングを行い、マッチング数が最大となる 2D-3D 対応を利用する。処理速度と精度を考慮して、特徴点検出及び特徴量記述子には ORB[3] を用いた。

【カメラ・トラッキング】初期位置姿勢 M_0 が推定できれば、1 フレーム前でのカメラ位置姿勢 M_{i-1} （初期値は M_0 ）を利用して、現在のカメラ位置姿勢 M_i を推定できる。具体的には、 M_{i-1} を用いて隠背景モデルを描画し、初期位置合わせと同様に I_{cgi} と I_{depth} を得る。 M_i と M_{i-1} 間の変化量が小さいと仮定すれば、 I_{cgi} で特徴点検出を実行し、現画像 I_{cam} とのオプティカルフロー[4]を計算できる。ここで得られた 2D-2D 対応から、初期位置姿勢推定と同様の方法で 2D-3D 対応を得ることができると、現在のカメラ位置姿勢 M_i を計算することが可能である。

3. DR 処理

本システムでの DR 処理は、推定した現フレームでのカメラ位置姿勢 M_i 及び事前に作成した隠背景モデルを用いて以下の手順で実行する。

【隠背景の観測とモデル化】隠背景モデルを得るためには、SfM を利用して 3 次元復元する方法や、手作業でモデリングする方法が考えられる。本論文では Autodesk 社の 123D Catch[5]を利用して作成したモデルを利用した。

【除去対象領域の決定】家具の位置姿勢は世界座標系において既知であるため、その 3 次元幾何モデルをレンダリ



図 2 現実世界(家具は本物)



図 3 食卓セットを DR 処理



図 4 実物家具をおいたまま CG 家具を重畳配置

ングすることで、除去対象領域の値を 1、それ以外を 0 とするマスク画像 I_{mask} が生成できる。本システムでは、 I_{mask} を通して合成した I_r との境界が目立たぬよう、 I_{mask} にぼかし処理を施して利用した。

【除去対象領域への隠背景モデルの投影と合成】カメラ位置姿勢 M_i を入力として、隠背景モデルをレンダリングする。ただし、 I_{mask} をレンダリング画像の α 値に割り当てて合成する（図 3）。

4. むすび

DR 技術の威力を体験させる事例として、家具再配置シミュレーションシステム「マジカル・ミステリー・ルーム」を開発した。DR 処理を導入することで現実の家具を置いたまま、別の家具の配置を試すことができるのが、大きな特長である。動かせない重い物、簡単に取り外し出来ない構造物がある場合、威力を発揮すると考えられる。

謝辞 本研究の一部は、科研費・基盤研究 (S) 「複合現実型情報空間の表現力基盤強化と体系化」による。本システム開発に際して、大川大輝、本間大幹、松木ひとみの諸君と貴重な助言を頂いた大学院生諸兄に感謝します。

参考文献

- [1] 森尚平, 一刈良介, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行: “隠消現実感の技術的枠組みと諸問題～現実世界に実在する物体を視覚的に隠蔽・消去・透視する技術について～”, 日本 VR 学会論文誌, Vol. 16, No. 2, pp. 239 - 250, 2011.
- [2] F. Moreno-Noguer, V. Lepetit, and P. Fua: “Accurate non-iterative $O(n)$ solution to the PnP problem,” Proc. ICCV, pp. 1 - 8, 2007.
- [3] E. Rublee, *et al.*: “ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF,” Proc. ICCV, pp. 2564 - 2571, 2011.
- [4] B. Lucas and T. Kanade: “An iterative image registration technique with an application in stereo vision,” Proc. IJCAI, pp. 674 - 679, 1981.
- [5] <http://www.123dapp.com/catch>