

隠消現実感のためのハイブリッド位置合わせ手法の検討と実装

Jianing Qie^{†1} 松見 優一^{†2} 森 尚平^{†2} 池田 聖^{†1} 柴田 史久^{†1} 木村 朝子^{†1} 田村 秀行^{†3}

立命館大学 情報理工学部^{†1} 同 大学院情報理工学研究科^{†2} 同 総合科学技術研究機構^{†3}

1. はじめに

隠消現実感 (Diminished Reality; DR) は実空間に存在する物体を視覚的に隠蔽・消去・透過する技術である。DR では、再構成した背景画像 (隠背景投影画像) で除去対象を覆う方法が有力であるが、この重畳描画処理には体験者の位置姿勢変化に応じた実時間幾何位置合わせが必要とされる。手法としては、複合現実感 (MR) 同様、ビジョン及びセンサベースの位置合わせ手法が考えられるが、精度的には MR 以上の性能が求められ、現時点では万能の方法は存在しない。本研究では、DR の利用状況を踏まえ、両者の特長を分析し、新しいハイブリッド手法を提案し、その実装結果を考察する。

2. ハイブリッド位置合わせ手法の検討

DR の目標は、体験者視点に合わせてその目前で実物体を視覚的に除去して見せることである。よって、隠背景投影画像を実背景に位置ずれと画質ずれなく実時間合成する必要がある。この位置合わせの難易度が体験者の視点移動の自由度や背景の複雑さに依るところは MR と同様である。

以下、事前観測型 DR (POB-DR) と実時間観測型 DR (ROB-DR) を想定して、背景データは何らかの方法で取得できるとして 6 自由度のビジョンベース、センサベース、ハイブリッド位置合わせ手法の分析を行う。

2.1. ビジョンベース位置合わせ

DR においてビジョンベース手法を用いる場合、周辺参照領域 (図 1) における背景か除去対象をトラッキングする 2 通りの方法が考えられる。

周辺参照領域での背景のトラッキング: ビジョンベース手法を利用する DR のほとんどが、周辺参照領域 Ω_{sROI} において背景をトラッキングするアプローチをとっている。これは、隠背景投影画像生成のための背景データが事前ないし実時間で正確に獲得できていることを期待して、その背景データが実背景に見た目上の誤差を最小にするように合成するためである。尚、隠背景投影画像の有効領域を Ω_{BG} 、除去対象領域を Ω_{ROI} とした場合、周辺参照領域 Ω_{sROI} は $\Omega_{BG} - \Omega_{ROI}$ と表せる。

この方法を用いる場合、隠背景投影画像が高精度に再構成できるならば、DR 処理結果も高精度になることが期待できる。一方で、除去対象領域 Ω_{ROI} がシーンの大部分を占める、隠背景投影画像の有効領域 Ω_{BG} が狭い等が原因で破綻の恐れがある。また、POB-DR では背景データの取得時と体験時の照明の違いに対処する方法が必要であり、ROB-DR では隠背景観測用カメラと体験者カメラの光学系の違いに対処する方法が必要である。

除去対象のトラッキング: 最終的に隠背景投影画像を合成する必要があるため、除去対象と背景の位置合わせも行わなくてはならない。また、背景データに加えて除去

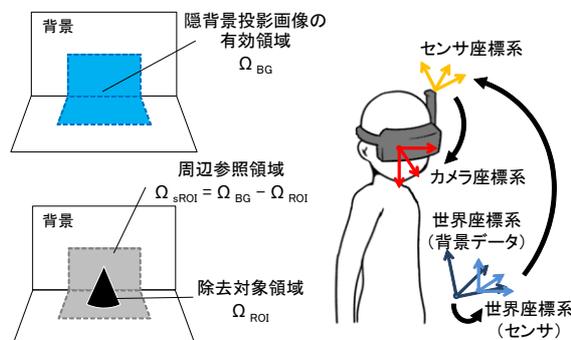


図 1 周辺参照領域

図 2 センサの較正誤差

対象のデータを取得する必要があるが、基本的に除去対象は体験時になるまで未知である。こうした、未知の物体のデータ取得の難しさや手順の煩雑さから、利用例は少ない。

2.2. センサベース位置合わせ

センサベースの手法で用いられるセンサは、磁気式、光学式、超音波式センサ等が考えられる。センサを利用する場合、周辺参照領域 Ω_{sROI} の画像特徴には非依存であるため、ビジョンベースで破綻する状況で破綻しにくい。当然、POB-DR における照明変化、ROB-DR における光学系の差異は体験時視点の位置合わせ精度に影響しない。一方で、センサ座標系を決定するセンサ自身の較正とセンサ座標系とカメラ座標系の較正が必要となる (図 2)。

また、取得した背景データとセンサの世界座標系を一致させる必要がある。これらセンサに関する 3 回の較正を通して誤差が累積し、DR に求められる位置姿勢精度を得ることができない場合がある。

2.3. ハイブリッド位置合わせ

ここまでの検討を通して、ハイブリッド手法では、センサに関する種々の較正誤差が含まれた状態でも、ビジョンベースよりも低い計算コストで以下を達成できることが期待される。

- ・ビジョンベースによる高い隠背景投影画像の合成精度
- ・センサベースによるロバスト性

3. 提案手法

3.1. 従来手法との関連

我々の研究グループでは、これまでも DR 向けハイブリッド位置合わせ手法を用いた DR 手法を開発してきた。その一例として、1 ないし 2 平面で構成された背景を対象とした手法 [1] が挙げられる。この手法では、まず、磁気式センサから得られるカメラ位置姿勢を基準に、事前撮影した視点依存画像群を 1 枚選択する。この視点依存画像と体験時画像を周辺参照領域 Ω_{sROI} において検出及びマッチングされた特徴点を用いてホモグラフィ変換行列を計算し、隠背景投影画像をホモグラフィ変換して体験時画像に合成する。下記の提案手法は、立体的な背景を対象とする点において、この手法の拡張であると考えられる。

†1 A Step Toward Hybrid Camera Tracking for Diminished Reality

†1 College of Information Sci. and Eng., Ritsumeikan University

†2 Graduate School of Information Sci. and Eng., Ritsumeikan University

†3 Research Organization of Sci. and Tech., Ritsumeikan University



図3 実験結果

以上の検討結果から、我々は 6 自由度センサから位置姿勢を取得し、その誤差をビジョンベースの手法で軽減するハイブリッド手法を提案する。事前に取得した隠背景シーンのテクスチャ付き 3 次元モデル (T-3DM) をレンダリングし、隠背景投影画像を生成することで立体的なシーンにも適用可能にする。また、ホモグラフィの代わりに隠背景投影画像と体験時画像間のずれ量を求めることで計算コストの軽減を図る。

3.2. 処理手順

センサがもたらすジッタや較正によるずれで生じる隠背景投影画像の位置ずれの対策として、隠背景投影画像と体験時画像間のずれ量を求め、隠背景投影画像の位置を合わせる。体験時画像にモーションブラーが発生した場合、求められる画像間のずれ量の計算精度が下がることを考慮して、隠背景投影画像にモーションブラーを付与する。これによってモーションブラーによる光学的不整合の軽減効果も期待できる。提案手法の処理手順を以下に示す。

【事前処理】

シーンの T-3DM を取得する。その取得方法は、手動で作成する方法や複数枚の画像から CG モデルを生成するソフトウェアを用いる方法等が考えられるが、方法としての制約はない。

【実行時処理】

(1) 6 自由度センサから位置姿勢を取得

センサの種類に特に制約はない。

(2) モーションブラーを付与した隠背景投影画像を生成

まず、現在のカメラ位置姿勢と、直前のフレームのカメラ位置姿勢を比較し、フレーム間のカメラ位置姿勢の移動量及び回転量を算出する。そして、求められた値を n 分割し、この移動量及び回転量に従って n 枚の隠背景の画像をレンダリングして合成することでモーションブラーを再現した隠背景投影画像を生成する [2]。提案手法では、位置合わせのロバスト性を向上させるために、一般的なカメラより高いフレームレートを有している 6 自由度センサを使用してカメラ位置姿勢を取得しているため、補間した位置姿勢の代わりにセンサの実測値を用いれば、より高精度のモーションブラーを生成できることが期待できる。

(3) 隠背景投影画像と体験時画像間のずれ量を計算

隠背景投影画像は体験時画像と同じフレームでセンサから取得した位置姿勢を基にレンダリングした画像である。そのため、ずれが小さいと仮定できるので、画像間の 2 自由度のずれ量を求め、隠背景投影画像の位置ずれの軽減を図る。

4. 実験

4.1. 実験内容と実行環境

提案手法が有効に機能することを確認するための実験を行った。具体的には、除去対象が置かれている立体的なシーンをトラッキング対象とし、シャッター速度を 1/30 秒に設定したカメラを素早く動かし、センサのみで位置合わせを行った場合と提案手法で位置合わせを行った場合の DR 処理結果を比較した。尚、実験時にはカメラに Canon 社製 MREAL HH-A1 を、センサとして Vicon 社製 Bonita10 を 6 台使い、5m 四方をトラッキング可能範囲とした。

4.2. 実験結果と考察

実験結果を図 3 に示す。センサのみで位置合わせを行った結果と提案手法で位置合わせを行った結果を比較すると、提案手法を利用した場合にはモーションブラーによる光学的不整合と隠背景投影画像の位置ずれが軽減できたことがわかる。このことから、センサベース手法とビジョンベース手法を併用することで、センサがもたらすジッタや較正による「ずれ」を軽減できることを確認した。しかし、画像間のずれ量の計算に失敗したフレームも 3,488 フレーム中 36 フレーム確認した。これは生成したモーションブラーが実際に発生したものと異なることが原因だと考えられる。

5. むすび

本論文では、DR における既存の位置合わせ手法の問題を検討し、センサベース方式とビジョンベース方式を併用したハイブリッド位置合わせ手法を提案した。本手法はモーションブラーによる光学的不整合や、センサがもたらすジッタや較正によるずれで生じる隠背景投影画像の位置ずれを軽減可能であることを実験により示した。提案手法はカメラ位置姿勢を入力として、隠背景投影画像を生成する DR 手法であれば導入可能である。

本研究の一部は、科研費・基礎研究 (S) 「複合現実型情報空間の表現力基盤強化と体系化」と学振・特別研究員奨励費 (課題番号 25・9193) 「複合現実空間の表現力向上のための 2 つのアプローチ」による。

参考文献

- [1] 森, 他: 隠消現実感における隠背景平面拘束と周辺参照領域の効果的利用, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 19, No. 2, pp. 131 - 140, 2014.
- [2] 本間, 他: 隠消現実感における隠背景面復元の光学的整合の実現 (3) ~隠背景再構成時のモーションブラー付与~, 2015 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, A-16-4, p. 220, 2015.