

人工特徴点マーカの援用による AR/MR 追跡法の位置合わせ精度の向上

増川 照道^{†1} 樋下 航^{†2} 一刈 良介^{†2} 天目 隆平^{†3} 柴田 史久^{†1} 田村 秀行^{†1}立命館大学 情報理工学部^{†1} 同大学院理工学研究科^{†2} 同 総合理工学研究機構^{†3}

1. はじめに

映画制作の PreViz (Pre-Visualization) に複合現実感技術を応用した MR-PreViz では、カメラの位置姿勢を実時間で高精度に取得する必要がある。我々はこれまで、景観中の自然特徴点の 3 次元位置などを事前知識として用いるランドマークデータベースに基づく位置合わせ手法を提案し、屋外のような広域な環境下においても実時間でカメラ位置姿勢推定を実現している[1]。

しかし、このような自然特徴点を利用した位置合わせ手法は、景観中から十分な数の自然特徴点が得られない場面では推定に失敗するという問題を抱えている。また、カメラ位置姿勢が推定できたとしても、十分な数の自然特徴点が検出されるシーンに比べ、推定精度は悪くなる。そこで、本稿では撮影対象となるシーンに意図的に特徴点を作り出す「人工特徴点マーカ」を援用した位置合わせ手法を提案する。人工特徴点マーカを景観中に配置することで、データベースに登録されるランドマーク数を増加させ、従来よりも高精度な幾何学的整合性の実現を図る。また、配置した人工特徴点マーカはトラッキングにおいて最低限必要なものだけを残し、撮影シーンの景観を出来るだけ乱さないトラッキングを行う。

2. 人工特徴点マーカを援用した追跡法

提案手法も従来手法[1]と同様に、事前に構築したランドマークデータベースを利用してカメラ位置姿勢推定を行う。特徴点の検出には、高速かつ再現性が高い Fast 検出器を用いる[2]。配置した人工特徴点マーカから作り出された特徴点を含む、景観中から検出された自然特徴点をランドマークデータベースに登録し、トラッキング時にランドマークとして利用することで、従来カメラ位置姿勢推定に失敗するシーンでも推定可能にする。処理の流れは図 1 に示すような 2 つのフェーズからなる。

セットアップフェーズではまず、景観中に十分な数の人工特徴点マーカと立方体型の人為的マーカ (立方体マーカ) を配置し、特徴点の 3 次元位置推定処理の入力となる動画を記録する。人工特徴点マーカは、模様のない壁や地面など自然特徴点が出にくい場所に配置する。次に、自然特徴点と人工特徴点マーカから検出された特徴点の 3 次元位置を Structure from Motion で推定し、ランドマーク情報としてデータベースに登録する。最後に立方体マーカと除去する人工特徴点マーカの判定 (除去判定) で対象となった人工特徴点マーカを取り除き、撮影フェーズへ移行する。

3. 人工特徴点マーカ

3.1. 設計

トラッキングを高精度に行うために、人工特徴点マーカはランドマークとして確実に利用できるマーカにしなければならない。マーカから特徴点が安定して検出され

る形状が人工特徴点マーカを設計するうえで最も重要となる。本研究では、3 つの角が安定して検出され、かつ形状認識が比較的容易な正三角形型を採用した (図 2)。図 2(a) に示しているような白で囲まれた黒い三角形は、自然景観中においてほとんど存在しないため、誤認識を起こす可能性は極めて低いと考えられる。なお、背景とのコントラストで余計な特徴点が検出されないよう、ふちの形状を円にしている。

3.2. 認識アルゴリズム

入力画像中から人工特徴点マーカを検出する処理の流れは以下の通りである。

- (1) ドロネー三角形分割を用いて、検出された特徴点群から複数の三角形を形成する
- (2) 重心が黒である三角形をマーカ候補として抽出する
- (3) 図 2(b) に示している 3 点 (P1, P2, P3) と重心 (G) の明度を比較し、3 点とも重心との明度差が大きければマーカを構成する三角形として認識する

図 1 の②の処理時の様子を図 3 に示す。図 3 では、配置した 4 個の人工特徴点マーカ (A, B, C, D) を正しく認識している。

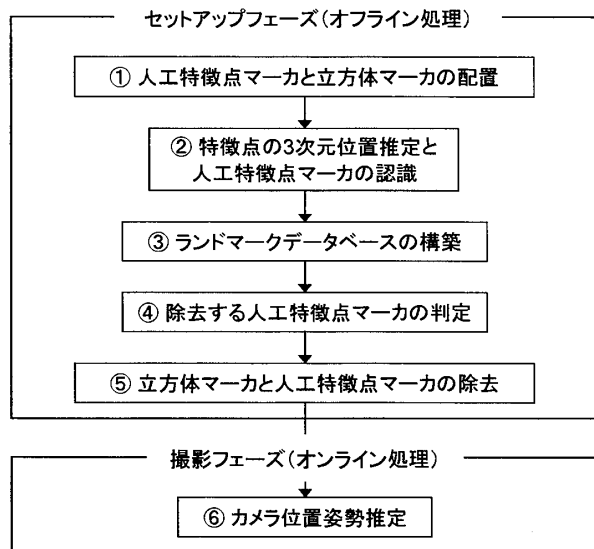


図 1 提案手法の流れ

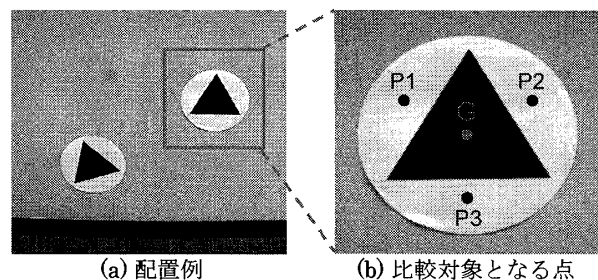


図 2 人工特徴点マーカ

[†]Improvement of accuracy for geometric registration in AR/MR by the use of artificial feature markers

^{†1} College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

^{†2} Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

^{†3} Research Organization of Science and Engineering, Ritsumeikan University

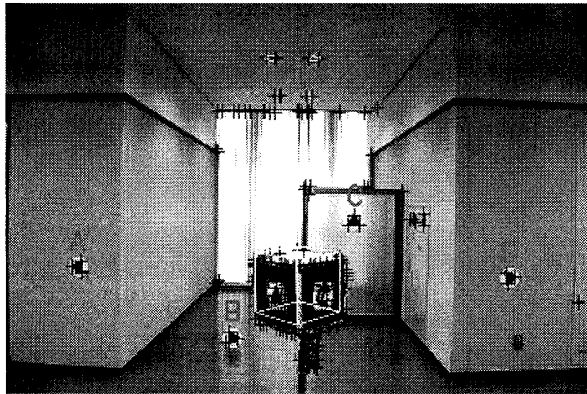


図 3 人工特徴点マーカの認識 (+ : 特徴点)

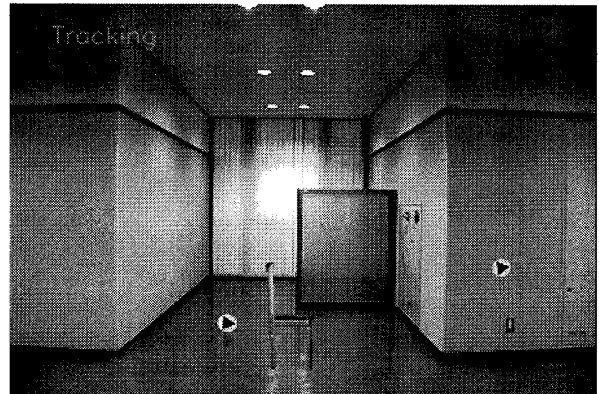


図 4 トラッキング風景

3.3. 除去判定

撮影シーンの景観をなるべく損なわないよう、セットアップフェーズで配置した人工特徴点マーカはトラッキングにおいて最低限必要なものだけを残し、それ以外のマーカは取り除く。どのマーカを除去すればよいかは、ランドマークとして使用する人工特徴点マーカの個数を変えて 1 つの動画像に対して複数回トラッキングするシミュレーションを行うことによって自動的に判定する。

トラッキングのシミュレーションは、自然特徴点から登録されたランドマークに人工特徴点マーカを 0 個加えた場合、1 個加えた場合、2 個加えた場合、と順次行い、1 度も破綻せずにトラッキングを行えたケースが現れるまで続ける。

なお、それぞれの場合のシミュレーション回数は最大 nC_r 回となる。ただし、 n は配置した人工特徴点マーカの総数、 r はシミュレーションで使用する人工特徴点マーカの個数である。

4. 実験

提案手法の有効性を確認するために、従来手法ではトラッキングに失敗する図 3 のシーンにおいて本手法を運用した。本実験では、PC (CPU: Pentium 4 3.20GHz, メモリ: 1GB), ビデオカメラ (SONY DSR-PD170, 720×480 pixels, プログレッシブ方式, 15 fps) を使用し、カメラの内部パラメータは事前に求めたものを用いた。

まず、人工特徴点マーカを撮影対象となるシーンに 4 個配置し、どのマーカを除去するかを判定した。配置したマーカは、図 3 に示しているように左から A,B,C,D とする。カメラの位置姿勢を変えながら対象のシーンを撮影した 120 フレームの動画像を入力して行った結果、表 1 に示すように B と D のマーカを使用したときに最後のフレームまでトラッキングを行えた。判定にかかった時間は 22.89 秒である。

次に、景観中から立方体マーカと A と C のマーカを取り除いて、実時間でカメラ位置姿勢推定を行った。実際に推定されたカメラの位置姿勢を用いて CG の椅子を重畳描画した様子を図 4 に示す。これまで推定に失敗していた景観に対してもカメラ位置姿勢推定を行えていることがわかる。

最後に、必要最低限の人工特徴点マーカを用いて実時間で推定したカメラ位置姿勢の精度を確認した。この実験では 10 個の人工特徴点マーカを配置し、125 フレームの動画像を入力して行った。全てのマーカを使用した際

表 1 除去判定の結果

使用したマーカ	追跡フレーム数
無し	8
D	6
C	8
B	6
A	7
C, D	3
B, D	120

表 2 カメラ位置姿勢の平均推定誤差

使用したマーカ	3次元位置	光軸向き
8 個	16.00mm	0.16 度
6 個	19.41mm	0.17 度
4 個	25.11mm	0.22 度
2 個	36.85mm	0.32 度

のカメラ位置姿勢を真値とし、使用するマーカの数を 8 個、6 個、4 個、2 個としたときのそれぞれのカメラ位置姿勢を比較した。除去判定で、最低限必要なマーカの個数は 2 個と判定されている。フレーム全体でのカメラ位置姿勢の平均推定誤差を表 2 に示す。使用したマーカの個数が減るにつれて誤差が大きくなるものの、CG を重畳描画した際の見た目の精度は全てのマーカを使用したときとほぼ等しいことを目視で確認した。これにより、除去判定により決定されたマーカの使用数で十分な推定精度を保てることがわかる。

5. むすび

本稿では、人工特徴点マーカを用いて AR/MR 追跡法の位置合わせ精度の向上を図る手法を提案した。本手法により、従来手法ではトラッキングに失敗する景観でもトラッキング可能であることを確認した。

今後は、周囲のテクスチャ情報を利用して人工特徴点マーカを動画像中から視覚的に除去し、より撮影シーンの景観に配慮したトラッキング法に仕上げていく。

謝辞 本研究は、JST の CREST「映画制作を支援する複合現実型可視化技術」の支援による。

参考文献

- [1] 樋下他：「局所不変特徴量を用いた屋外 MR トラッキング法の高速度と安定化」、第 71 回情報処理学会全国大会講演論文集(4), 4Y-9, pp. 213 - 214, 2009.
- [2] E. Rosten et al. : "Machine learning for high-speed corner detection," Proc. ECCV '06, Graz, 2006.