

仮想立体絵本のためのマルチコア CPU によるトラッキング

田村 亮輔[†] 天野 敏之[†] 加藤 博一[†]

[†]奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
〒630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5

E-mail: [†]{ryosuke-t, amino, kato}@is.naist.jp

あらまし 仮想立体絵本は、拡張現実感技術を利用し、カメラで撮影した絵本の画像上に3次元CGコンテンツを重ね表示するシステムである。絵本の各ページを予めコンピュータに登録しておき、その情報と画像を比較しカメラと絵本の相対的な位置姿勢を計算することで、幾何学的に整合性のとれた画像合成が可能となる。我々もテンプレートマッチングに基づく特徴点追跡を利用した位置姿勢計算手法について研究してきた。近年、マルチコア CPU が普及し始めており、並列処理による処理の高速化が標準的な PC 環境においても比較的容易に実現できるようになった。今回は、マルチコア CPU の使用を前提に、我々のこれまでの提案手法の並列化を行い、処理を高速化、安定化を実現した。

キーワード 拡張現実感、特徴点追跡、位置姿勢推定、仮想立体絵本

A Tracking Method using Multi-core CPUs for Virtual 3D Pop-up Books

Ryosuke TAMURA[†] Toshiyuki AMANO[†] and Hirokazu KATO[†]

[†] Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology
8916-5, Takayama, Ikoma, Nara, 630-0192 Japan

E-mail: [†]{ryosuke-t, amino, kato}@is.naist.jp

Abstract Virtual pop-up books are systems which can overlay a captured image with 3D CG objects based on augmented reality technology. 3D geometrical consistency in the composite image can be kept by estimating the relative pose of the camera from the physical book. We have been studying about this pose estimation method using feature tracking based on template matching. Since multi-core CPUs have been spread in recent years, it can be easily achieved to improve the performance speed by parallel processing on a standard PC environment. We modified our tracking codes for parallel processing by multi-core CPUs and improved the performance speed and robustness of the tracking.

Keyword Augmented Reality, Feature Tracking, Pose Estimation, Virtual Pop-up Book

1. はじめに

仮想立体絵本は、拡張現実感技術を利用し、カメラで撮影した絵本の画像上に3次元CGコンテンツを重ね表示するシステムである。拡張現実感技術の最も簡単な応用システムの一つとして、これまでも広く研究されてきた[1][2][3]。

技術的には、絵本の各ページに含まれる画像情報を予めコンピュータに登録しておき、その情報と入力画像を比較し、カメラと絵本の相対的な位置姿勢を計算することで、幾何学的に整合性のとれた画像合成が可能となる。この処理をリアルタイムに行うための簡便な方法はマーカを絵本の各ページに貼り付け、画像処理により、そのマーカを検出する方法である。しかし、最近では既定の形状をしたマーカを利用するのではな

く、絵本に描かれたイラストに始めから含まれている特徴点をトラッキングする方法も提案されている。我々もテンプレートマッチングに基づく特徴点トラッキングを利用した位置姿勢計算手法について提案してきた[4]。

拡張現実感システムは、リアルタイムで動作するものであり、そこで利用される位置姿勢計算処理もリアルタイムで動作しなければならない。そこで、処理の高速化が求められる。

近年、マルチコア CPU が普及し始めており、並列処理による処理の高速化が標準的な PC 環境においても比較的容易に実現できるようになった。そこで、[4]の手法をもとに、マルチコア CPU を利用し特徴点トラッキング処理を並列化することで処理の高速化と安定化

を試みた。本デモ発表では、この改良したトラッキング手法を用いた仮想立体絵本を紹介する。

2. テンプレートマッチングによる位置姿勢推定

カメラの位置姿勢推定処理は、大きく次の2段階の処理からなる。

- 1) 3次元座標値が既知の点に対応する画像中での2次元座標値を検出する。
- 2) 対応付けられた複数の2次元と3次元の座標値の組からカメラの位置姿勢を計算する。

後者は基本的には画像処理に依存しない部分であり、3次元座標値を画像内に投影したときの座標値と実際の2次元座標値の誤差が最小となるようなカメラ位置姿勢を求める問題として定式化でき、標準的な最適化アルゴリズムでも計算できる。

前者の処理は、様々な方法が考えられる。我々の方法は、事前に絵本のイラスト画をコンピュータに与え、その中に含まれる複数の特徴点を事前に抽出、管理しておく。トラッキング実行時には、その時の状態において適切な特徴点を選択し、その特徴点を中心としたテンプレート画像を生成し、対応する画像領域をテンプレートマッチングによって求める。位置姿勢計算には、3点以上の座標値の組が必要であり、数が多いほど正確な解を求めることができる。しかし、もし座標値の組に間違えた情報が含まれていると計算精度が劣化し、トラッキングに失敗する場合もある。また、リアルタイム処理の必要があるので、多くの点を処理の対象とすることはできない。そこで、我々の方法では、高々4点～5点の信頼性の高い対応を求め、位置姿勢計算に使うことにしている。同時に、高精度な位置姿勢計算を実行するために、対応点が画像中に広く分布するように、特徴点を選択している。

3. 並列化のための工夫

前述の手法において、最も容易に並列化が可能な部分は、テンプレートマッチングによる対応点検出処理である。実際、4点以上の特徴点に対して対応点の検出を行う必要があるが、各特徴点の処理は独立しているので、並列化が可能である。

ただし、問題となるのは、対応点を広く分布するように選択するための処理である。逐次処理を行う場合は、

- 1 点目：画像境界に近い点
- 2 点目：1 点目から最も遠い点
- 3 点目：1、2 点目と面積最大の3 角形を構成する点

4 点目：1～3 点目と面積最大の4 角形を構成する点

という規則を使用し、特徴点を選択した。すべての対応点が検出できるとすれば、これらの点の選択は事前に可能であるが、他の物体による隠ぺいなどで、対応点が検出できない場合もあり、事前に特徴点を選択しておくことができなかった。

今回、8CPU による並列化を想定し、以下の手順で特徴点を選択するようにした。

- Step1: 従来通りの基準で1～4 点目を選択する。
- Step2: 5～8 点目を1～4 点目と同様に選択する。
- Step3: 選択された8 点において対応点検出を行い、4 点以上の結果が得られていれば、位置姿勢計算に移行する。
- Step4: 4 点未満の場合は、従来の基準で残りの候補点を選択する。
- Step5: 8 点の候補が選択されるまで、これを繰り返す。
- Step6: Step3 に戻る。

4. 実験とまとめ

以上の改良を行い、実験を行ったところ、60fps でのトラッキングが実現できた。フレームレートが上がったことで、ロバスト性も向上した。特徴点選択に関して、今回はヒューリスティックな基準を採用したが、トラッキングの安定性の観点から、その方法を見直す予定である。

文 献

- [1] 加藤博一, Mark Billingham, Ivan Poupyrev, 鉄谷信二, 橋啓八郎, 拡張現実感を用いたタンジブルインタフェース, 芸術科学会論文誌, Vol.1, No.2, pp.97-104 (2002)
- [2] Tomoki Issac Saso, Kenji Iguchi, Masa Inakage, Little Red: Storytelling in Mixed Reality, SIGGRAPH 2003 Sketches & Applications, p.1 (2003)
- [3] 柴田史久, 吉田友佑, 吉野光紀, 酒井理生, 木口健治, 木村朝子, 田村秀行: Vivid Encyclopedia - MR 昆虫図鑑- Vivid Encyclopedia: MR Pictorial Book of Insects, 日本バーチャルリアリティ学会第9回大会論文集, pp.611-612 (2004)
- [4] 加藤博一, 汐崎徳男, 橋啓八郎: テクスチャー画像からオンライン生成されたテンプレートのマッチングに基づく拡張現実感のための位置合わせ手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.7, No.2, pp.119-128 (2002)