

赤外マーカと色ヒストグラム類似値を利用した カメラワーク検出法の一考察

A Study of Camera Parameter Estimation Method using Infrared Makers and Color Histogram Intersection.

三ッ峰 秀樹 山内 結子 深谷 崇史 大久保 英彦 井上 誠喜
Hideki Mitsumine Yuko Yamanouchi Takashi Fukaya Hidehiko Okubo Seiki Inoue

1 はじめに

近年、テレビや映画などの様々なシーンで映像合成が頻繁に利用されている。テレビ番組制作では特に実写映像と、そのカメラワークを利用しレンダリングしたコンピュータグラフィックス (CG) 映像をリアルタイムに合成するバーチャルスタジオが用いられる。従来、スタジオカメラのカメラワークをリアルタイムに検出するためには、特殊なカメラ雲台やクレーンを用いる必要があり、ハンディカメラの様な自由なカメラワークで撮影を行うことは困難であった。この問題に対し、BBC では天井にユニークなマーカを設置し、スタジオカメラにカメラワーク検出用のセンサーカメラを装着しておき、撮影された天井方向の映像からカメラワークを推定する手法 (FreeD[1]) を実用化している。しかしながら、通常のスタジオではセットの壁や照明、ブームマイクなどがあり、マーカの撮影を妨害する。その結果、相互に拘束条件を与えるため、運用面で工夫が必要である。この問題の解決には、スタジオカメラの撮影方向にマーカを設置し、撮影映像からカメラワークを検出することが考えられる。例えば、ARToolKit[2] や Boujou[3] などがあげられるが、映像合成を行う前に撮影映像からマーカを除去する必要があり、生放送でリアルタイムに映像合成することは困難である。

これまでに我々は赤外線 LED をマーカとして撮影方向に設置することで撮影映像に影響を与えないカメラワーク検出手法 [4] を提案している。この手法はあらかじめ同一平面上に長方形を成す様に 4 点の赤外マーカを設置しておく。次にカラーカメラと同光軸となるように配置した赤外カメラで撮影し、得られた赤外映像を解析してカメラワーク検出する。この手法ではレンズズーム量をズームリングに取り付けたロータリエンコーダから検出することにより、映像解析による手法では困難なレンズ光軸方向の並進とズーム量の変化とを独立して検出可能で、これにより適切な状態で映像合成が可能である。しかし、この手法では各マーカの識別を行っていないことから、一定の撮影範囲を超えると誤検出を起こす問題点があった。

今回、この手法に色ヒストグラム類似値を利用した赤外マーカの識別機能を付加することで、撮影範囲における拘束条件を除去可能な新しいカメラワーク検出手法を提案する。本稿では、本手法の原理を説明するとともに、その有効性を実証的に示す。

2 カメラワーク検出原理

本手法では、あらかじめスタジオセット側に赤外線 LED で構成される不可視マーカを 4 点以上設置し、各マーカ付近の色ヒストグラムを学習しておく。カメラ側は、レンズの後段に赤外域を反射し可視域を透過するホットミラーを介し、カラーカメラと赤外カメラを配置しており、同じ画角の被写体領域を撮影可能とする。得られた赤外映像から、撮影映像中のマーカの位置を特定する。次にカラー映像からマーカ付近の色ヒストグラムを算出し、あらかじめ学習しておいた色ヒストグラムとの類似度を比較することで、各マーカの識別を行う。以上の手順で得られたマーカ情報を利用しカメラワークを算出する。各処理について以下に詳説する。

2.1 赤外マーカの検出

図 1 に本手法で用いる赤外同軸カメラの光学系を示す。また、図 2 に試作したカメラを示す。

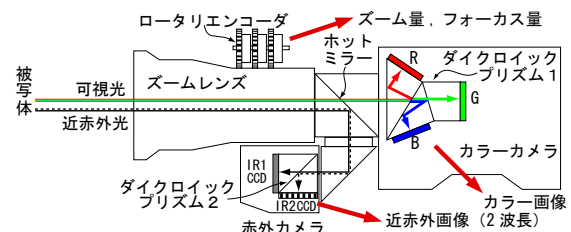


図 1 赤外同軸カメラ光学系



図 2 カメラ全景

同一のズームレンズより入射した光線はホットミラーにより赤外域は赤外カメラへ、可視域はカラーカメラに入射する。この光学系で赤外マーカを撮影した場合、赤外 LED が直径 5mm と極小であるため、カラーカメラの映像には殆ど妨害を与えない。一方、赤外カメラの映像は赤外 LED のみが輝点となって写る。したがって、単純な画像処理により赤外映像上のマーカ座標を得ることができる。

2.2 色ヒストグラム類似値を利用したマーカの識別

赤外マーカの撮影映像上における位置情報と、3次元空間つまりスタジオセットへの赤外マーカの配置情報が既知となれば、最小自乗法を用いたカメラパラメータの最適化手法 [5] などによりカメラワークの推定が可能となる。しかし、一般的に最適化には計算コストが掛かる。撮影映像上のマーカの識別が可能となれば、最適化の計算コスト削減などの効果も期待できる。マーカの識別には、オクルージョンや撮影条件の変化に対応可能とするため、撮影したカラー映像から得られるマーカ周辺の色情報を用いる。具体的には、あらかじめマーカ周辺の色ヒストグラムをモデルヒストグラムとして作成しておき類似度を比較する。ここで、実際の撮影時のカメラワークを考慮し、想定されるカメラワークの範囲でカメラを移動しつつ得られた複数映像から求めた色ヒストグラムを平均しモデルヒストグラム $M(r, g, b)$ とする。ここで、便宜上 RGB 色空間を用いているが、本手法は色空間を限定するものではない。撮影時には得られたマーカ周辺の色ヒストグラム $I(r, g, b)$ とモデルヒストグラム $M(r, g, b)$ から、Swain らの手法 [6] により類似度を算出する。

$$H(I, M) = \frac{1}{\sum_{j=1}^n M_j} \sum_{j=1}^n \min(I_j, M_j) \quad (1)$$

ただし、 n は色空間の分割数である。

この類似度 $H(I, M)$ が最大となる組み合わせを探索することでマーカの識別を行う。ここでマーカ毎に個別に類似度を算出・識別した場合、外乱等により識別誤りが生じる場合がある。計算コストとのトレードオフとなるが、複数マーカの総和類似度で最適化を行うことで、より頑健に識別を行うことが可能となる。

以上の手法により得られた赤外マーカ情報と、事前に計測しておいた赤外マーカ同士の相対位置関係から、カメラワークを算出する。本報告の実験では処理の単純化のため赤外マーカは長方形に配置しておき、赤外映像上の赤外マーカが成す四角形の状態から回転パラメータを算出する。並進パラメータについては得られた回転パラメータと既知である赤外マーカの成す長方形のサイズを利用して算出した。

3 実験

本手法に基づき、検証実験を行った。スタジオセット側に配置したテーブルに長形状に4点の赤外マーカを埋め込み、さらにその上から赤外線透過するプリントフィルムを貼り付けた。まず、想定されるカメラ移動範囲で撮影した150フィールドのハイビジョン映像(インターレース)から赤外マーカの中心より幅100画素、高さ50画素の範囲でモデルヒストグラム $M(r, g, b)$ を各赤外マーカ毎に作成した。図3に赤外マーカの設置位置(a)と色ヒストグラム作成の対象範囲(b)を示す。ここで色空間の分割数は 16^3 とした。

次にカメラの移動、パン、チルト、ズームの状態を適当に変更しながら撮影した映像に対し、本手法を用いて映像合成実験を行った。この実験により適切にカメラワークが検出され、リアルタイムに映像合成が可能であることを確認した。図4にテーブルの上にCGの恐竜を

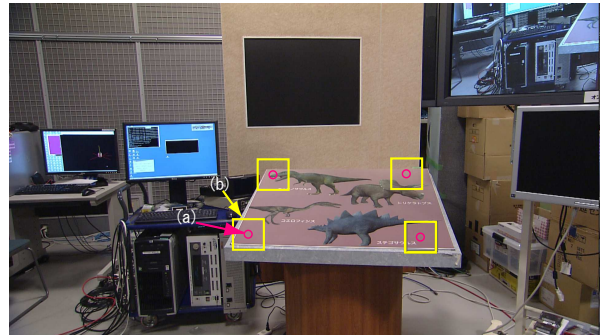


図3 赤外マーカ設置位置 (a) と色ヒストグラム対象範囲 (b)

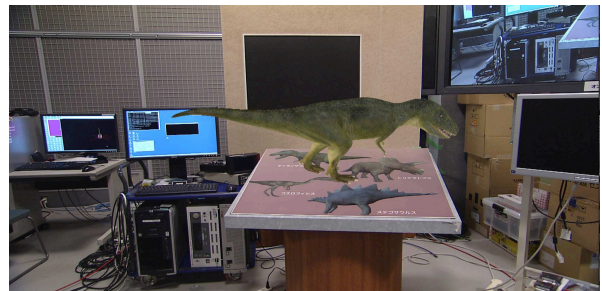


図4 映像合成結果

映像合成した結果を示す。

4 まとめ

今回、赤外線によるマーカとマーカ周辺の色ヒストグラム類似値を利用したカメラワーク検出法を提案し、実証的に有効性を示した。本手法は、カメラワークの拘束条件が少ない手法であるとともに、撮影映像に妨害を与えないことや検出処理がシンプルであることからリアルタイム映像合成に適した手法と言える。今後は、照明条件などの撮影条件の変化に対応可能なようにモデルヒストグラムの学習機能を持たせるなど、より頑健な手法となるよう改良を加え、番組制作現場に導入していく予定である。

参考文献

- [1] “FreeD”, http://www.bbc.co.uk/rd/pubs/papers/paper_05/paper_05.shtml
- [2] 加藤 他, “マーカー追跡に基づく拡張現実感システムとそのキャリブレーション,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 4., No. 4, pp. 607–616, 1999.
- [3] “boujou”, http://www.2d3.com/html/products/boujou4_overview.html
- [4] 三ツ峰他, “リアルタイム映像合成のための近赤外線利用によるカメラパラメータ抽出手法,” 第27回画像電子学会研究会, no.227, pp. 21–25, 2006.
- [5] 出口, “射影幾何学による PnP カメラ補正問題の統一的解法,” 情処シンポジウム, Vol. 90, pp. 41–50, 1990.
- [6] M.J.Swain, et.al, “Color Indexing,” Int. J. Comput. Vision, Vol.7, No.1, pp.11–32, 1991.