

有彩色光源による色変化に頑健な物体追跡

林藤 晃平† 神納 貴生† 栗山 繁†

†豊橋技術科学大学

1. はじめに

近年，レジャー施設や街なかのイルミネーションなど，調光可能な有彩色光源を利用した，色彩が激しく頻繁に変化するような環境が多く見られるようになってきた。

こうした環境下で撮影した画像では色変化によって追跡対象やその周辺の色特徴が大きく変化するため，モニタカメラなどで物体を追跡するのが困難になる．実際に，環境変化に頑健な物体追跡手法がこれまでに多数提案されているが，色彩が頻繁に変化する環境下における物体追跡はほとんど検討されてこなかった。

物体追跡の際に無彩色光源下と近い状態で撮影された画素の色を推定できれば，物体追跡の精度向上が期待できる．そこで本研究では，画像中から推定した光源色を基に状況に応じた特徴量を算出することで，有彩色光源による色変化に対しても頑健な物体追跡を実現する。

2. 関連研究

2.1. CN 特徴量

CN 特徴量[1]は，検索エンジンなどで「色名＋名詞」で検索して得られた画像の色を学習し，色空間を 10 色程度の色名に分類することで物体材質の違いや環境変化に頑健な色特徴 Color Names を用いる．この特徴量は各画素でそれぞれの色名に対する尤度を求めて約 10 次元のベクトルを構成する。

2.2. 光源色推定

Gray Pixels [2] は，画像中から無彩色画素を推定し，その画素群の平均色を光源の色とする光源色推定手法である．この手法は 3×3 の局所領域における RGB 各チャンネルの標準偏差を用いて無彩色画素らしさを算出し，その上位数%を無彩色画素とみなす。

3. 予備実験

予備実験として有彩色光源による色変化が生じる環境に対して，CN 特徴量と HOG 特徴量を用いた既存手法[1][3]がどのような場合に追跡を

失敗するかを分析した．本手法では追跡に失敗したフレームの光源色の彩度に注目し，図 1 の様に 222 個のデータセットにおける光源色の彩度と追跡失敗したデータ数のヒストグラムを求める。

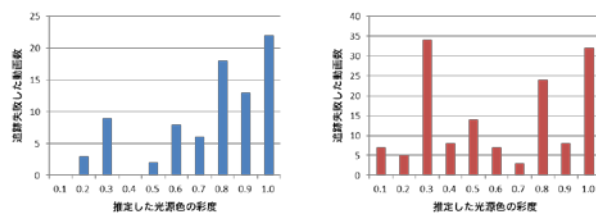


図 1 彩度と失敗動画数の対応
(左：CS 特徴量，右：HOG 特徴量)

予備実験により，CN 特徴量では光源色の彩度が高くなるにつれて失敗数が増加傾向にあることが判明した．一方，HOG 特徴量では追跡の失敗数と彩度との相関が弱く，物体の変形や類似物体に近づいた際に多く失敗する傾向が確認された．これらの結果より，光源色の彩度により特徴量を使い分けることで精度の向上が期待できる。

4. 提案手法

提案手法による物体追跡では，フレーム毎に光源色を推定し色補正した画像に対して特徴量を算出する．さらに特徴量を併用し，状況に応じて重み値を調整して精度の向上を図る。

4.1. 推定した光源色による色の補正

撮影動画から抽出した各画像に対して[2]により推定した光源色 e_i を用いて式(1)より色の補正をかける。

$$I'(x, y, i) = I(x, y, i) - e_i, \quad i \in \{a^*, b^*\} \quad (1)$$

ただし， $L^*a^*b^*$ 色空間に基づく色彩空間 (a^*, b^*) について各画素位置 (x, y) に対して処理を行う。

4.2. 特徴量の併用

本研究では，予備実験で得られた CN 特徴量と HOG 特徴量の傾向から，光源色が低彩度の場

Robust object tracking against varying colors of lighting
Rindo Kohei† Jinno Takao† Kuriyama Shigeru†
†Toyohashi University of Technology

合には CN 特徴量を, 高彩度の場合は HOG 特徴量を優先し, 特徴量を併用することで光源色に頑健な物体追跡を実現する.

本提案手法では, KCF[3]や CSK[4]といったカーネル法を用いた物体追跡手法によって得られる, 現フレームにおける物体座標の尤度を合成させることで特徴量を併用する. 具体的には, CN 特徴量と HOG 特徴量の各々で算出された尤度 l_c , l_h に対して式(3)により尤度を合成する.

$$l = l_c(1-w) + l_h w \quad (3)$$

$$w = s^\alpha \quad (4)$$

ただし, 尤度合成時の重み w は図1の CN 特徴量の彩度に対する精度を近似した関数であり, s は推定した光源色の彩度, および α は調整パラメータである. ただし, 本実験では経験的に高い性能が得られた $\alpha=5$ に設定している.

5. 評価実験

5.1. 実験環境

本実験では色特徴と形状特徴を利用した物体追跡の精度を評価するために, 光源の色相が激しく変化する環境下で形状の似た色付きのぬいぐるみをお手玉する動画において, ぬいぐるみを追跡する実験を行った.

光源色の色相は動画内で変化し, 彩度は0~1を等間隔に5段階で動画毎に変化させた. 実際の撮影例を時系列順に図2に示す.



図2 撮影例

5.2. 評価方法

30fpsで撮影された動画に対して, 5フレーム毎の追跡対象の中心座標を手動で記録して正解データとした. この座標と追跡によって推定された座標のユークリッド距離を算出した値が閾値以下なら成功とする. ただし, 閾値は対象物体の半分程度の大きさに設定した.

5.3. 実験結果

彩度毎の実験結果を表1に示す.

表1 実験結果(左:補正なし, 右:補正あり)

彩度	HOG	CN	彩度	HOG	CN	提案手法
0.00	53%	99%	0.00	59%	100%	99%
0.25	88%	100%	0.25	78%	96%	99%
0.50	74%	83%	0.50	60%	98%	99%
0.75	75%	56%	0.75	62%	79%	91%
1.00	46%	24%	1.00	60%	38%	42%
総平均	67%	72%	総平均	64%	82%	86%

まず, HOG 特徴量では補正によって精度の下落が確認できる. これは, 色補正により勾配が減少し, 物体の特徴が十分に抽出できなかったのが原因と考えられる.

次に CN 特徴量では, 補正によって0.50以上の彩度で14~23%と高い精度向上が認められる. これは補正によって物体色が無彩色光源下の色に近似できた結果と考えられる. しかし, 彩度1.00では補正が不十分で, 物体本来の色とは大きく異なるような状態だったので4割以下の精度になった.

提案手法では彩度1.00で42%と, 実用上十分な精度は得られなかったが, 0.75以下では9割を超える物体追跡精度であり, 既存手法と比較して最も良い精度が得られた. 特に, 彩度0.75では精度の良かった CN 特徴量から12%も精度が向上していることから, 本手法における特徴量の併用の有効性が示唆された.

6. まとめと今後の課題

本稿では色変化の生じる環境下で, 光源色推定による色補正と, 状況に応じた特徴量の重み付き尤度合成を用いた物体追跡を提案した. 実環境下における実験の結果により, 光源が純色に近い発光色でない限り, 提案手法が有彩色光源による色変化のある環境下では最も頑健な物体追跡が可能であることが示された.

本研究では処理速度について考慮されておらず, 提案手法における処理速度はオフライン処理で6~7fps程度である. ゆえに現状では通常のPCでは実時間で物体追跡は難しいため, 処理速度を向上できるアルゴリズムの考案が今後の課題である.

参考文献

- [1]M. Danelljan et al., Adaptive Color Attributes for Real-Time Visual Tracking, CVPR, 2014
- [2]K. Yang et al., Efficient Illuminant Estimation for Color Constancy Using Grey Pixels, CVPR, 2015
- [3]J. Henriques et al. High-Speed Tracking with Kernelized Correlation Filters, TPAMI, 2015
- [4]J. Henriques et al., Exploiting the circulant structure of tracking-by-detection with kernels, ECCV, 2012