

ハイパースペクトルカメラによる物体追跡の問題点に関する分析

岡田純京[†]
東京電機大学[†]

西村仁志[‡]
KDDI 総合研究所[‡]

小篠裕子[†]
東京電機大学[†]

1 はじめに

ハイパースペクトル(HS)カメラは、数百バンドと高次元の波長情報を取得できるため、RGBカメラでは困難であるような、新たな画像認識手法の実現が期待されている。本稿では、ヒューマンコンピュータインタラクションやロボティクス等の多くの分野で応用される物体追跡をタスクとして設定する。従来研究では、HS画像のバンド数を活かし、物体の素材に着目した追跡をしている[1]。しかし、時系列RGB画像を用いた追跡手法[2]よりも追跡精度が低いことがあったにも拘わらず、その原因は十分に分析されていない。本稿では、従来研究を追検証後、追跡を失敗した時系列画像を参照し、詳細な原因分析を行う。さらに、追跡を失敗した時系列画像から、HS画像の特徴をより活かせるかと判断した時系列画像に対し、改善方法を考察する。

2 HS画像による物体追跡

HS画像はスペクトル方向に次元数が高く、素材識別に有効であることが知られている。この特性を活かしたコンピュータビジョンの手法として、Material based Hyperspectral Tracker (MHT) [1]がある。

MHTは、HS画像を用いた単一物体追跡の代表的な手法である。この手法は、HS画像から得られる素材表現を入力として、Background-Aware Correlation Filter (BACF) [3]を用いて物体を追跡する。

素材表現とは、布、プラスチック、木などの素材に関連した特徴量である。素材表現は、空間・スペクトルの勾配特徴と素材特徴から構成される。勾配特徴は、HS画像をいくつかのパッチ画像に分割し、各パッチ画像において空間・スペクトルの勾配を算出し、ヒストグラ

ム化することで得られる。この特徴は、矩形内の前景と背景の識別を助ける。一方、素材特徴は、HS画像の各ピクセルから、素材毎に固有のスペクトル情報を抽出することで得られる。この特徴は、矩形内の各素材のスペクトル情報を表現できる。具体的には、各時系列画像の初期フレームにおいてはデータベースを用いて特徴抽出し、それ以降のフレームでは、初期フレームで求めた素材特徴を参照して、特徴抽出する。MHTでは、これら2種類の特徴をBACFの入力として物体を追跡する。

3 検証実験

本節では、時系列HS画像を用いたMHTの既存論文[1]を参考に、追検証し、結果を考察する。


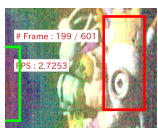
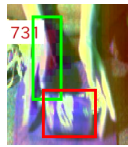
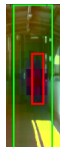
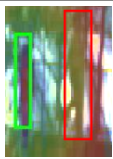

データセットは、時系列HS画像50データで構成されている[1]。各時系列画像には、11種類の属性、乱雑な背景(BC)、変形(DEF)、高速移動(FM)、平面内回転(IPR)、照明変化(IV)、低解像度(LR)、モーションブラー(MB)、遮蔽(OCC)、平面外回転(OPR)、画像外移動(OV)、スケール変化(SV)のいずれかがアノテーションされている。

実験時のパラメータはXiongら[1]と同様に設定した。再現性を確認するため、実験で得られた平均追跡成功率のArea Under Curve (AUC)スコアを比較した。本実験で得られた平均追跡成功率のAUCスコアは0.586、Xiongらの論文[1]は0.595であり、近い値が得られた。

4 検証結果の考察

実験の結果、追跡を誤った時系列画像を9例確認した。誤った原因となる6つの属性毎に9例を分類し、表1に示す。各属性に複数例ある場合は1例のみ示した。また、OCC1とOCC2は同じ属性であるが、対象物体の全体が完全に遮蔽されるフレームがあるか否かで項目を分けた。

表 1: 失敗例の比較 .

属性	FM	IV	OPR	SV	OCC1	OCC2
時系列画像例	 Basketball	 Coke	 Toy2	 Student	 Campus	 Playground
HS 画像をより活かせるか	×	✓	✓	✓	✓	×
改善を期待できる素材表現		素材特徴	素材特徴	素材特徴	勾配特徴 素材特徴	

「時系列画像例」の行のサンプル画像には2種類の矩形がある。緑枠の矩形はMHT [1] が推定した矩形で、赤枠の矩形は正解を示す矩形である。「HS 画像をより活かせるか」の行には、各属性の時系列画像に対し、MHT の改良により HS 画像の特徴を更に活かせる可能性があるか否かについての見解を示した。「改善を期待できる素材表現」の行には、改善を期待できる具体的な素材表現の要素を示した。

IV の時系列画像例は、光源が段々と弱くなるデータであり、画像の前景と背景の識別が困難であるため、勾配特徴を正しく取得できない。また、照明変化後も、照明変化前に抽出した素材特徴を参照しているため、うまく素材特徴を取得できていない。しかし本来、弱い光源下であっても、対象物体のスペクトル情報は得られるため、初期フレーム以降のフレームからも十分に矩形内の素材特徴を取得することができれば、照明変化に対応した素材特徴を取得でき、精度が改善されると考えられる。

SV の時系列画像例は、対象物体が低輝度の場所へ移動することで、スケールまでも変化するデータであるため、初期フレームの矩形内の素材特徴とスケール変化後の素材特徴は異なってしまう。さらに、低輝度の場所では対象物体が背景と同化してしまい、勾配特徴の抽出は困難である。これは、IV の例と同様の方法で、改善が期待できる。

OPR の時系列画像例は、対象物体の1つが回転し、他の物体とIDスイッチが起こっていたデータであるため、矩形内の素材特徴はIDスイッチ前と大きく異なる。よって、初期フレームの正解矩形内の素材特徴と大きく異なる場合には、矩形を再推定する処理を加えることが、改善に繋がると考えられる。

OCC1 の時系列画像例は、対象物体の大部分が隠れるデータであり、矩形を正しく推定できない。また、矩形内で対象物体が占める範囲が小さいため、対象に関

する素材表現を十分に抽出することができない。よって、この場合には、推定された矩形の範囲を拡張し、矩形を再推定する処理を加えることが、改善に繋がると考えられる。

FM, OCC2 の時系列画像においては、HS 画像を導入する効果は得られず、精度改善も難しい。FM の時系列画像例は、フレーム間における対象物体のスケール変化の差が大きいデータであり、HS 画像の特徴を用いても改善は期待できない。OCC2 の時系列画像例は、対象物体が完全に隠れるデータであるため、対象物体の特徴抽出は困難である。これらの例については更なる工夫が必要となる。

5 まとめ

本稿では、時系列 HS 画像の代表的な物体追跡手法である MHT [1] を追検証し、全ての失敗例をまとめた後、HS 画像の特徴をより活かす改善案を考察した。今後は改善案を実装し、IV, OCC, SV のような属性の占める時系列画像で追跡精度を向上させることを目指す。

参考文献

- [1] F. Xiong *et al.*: Material based object tracking in hyperspectral videos, *IEEE Trans. on IP*, Vol. 29, pp. 3719–3733 (2020).
- [2] M. Danelljan *et al.*: Beyond Correlation Filters: Learning Continuous Convolution Operators for Visual Tracking, *Proc. of ECCV* (2016).
- [3] H. Kiani Galoogahi *et al.*: Learning Background-Aware Correlation Filters for Visual Tracking, *Proc. of ICCV* (2017).