

複数地点からの常時画像モニタリングによる
都市空間上の飛行物体の検出と分類
祖父江英謙, 福島 佑樹, 関本義秀

Flying object detection and classification by monitoring from multiple points
Hideaki SOBUE, Yuki Fukushima, Yoshihide Sekimoto

Abstract: 本研究では, 空を飛ぶ物体を自動的に検知し, 分類するシステムを構築することを目指した. ビデオカメラによって撮影された動画より物体を抜き出しトラッキングを行う. 複数視点から撮影することにより物体の3次元座標を求め, 3次元の軌跡を求めた.

Keywords: 画像処理(image processing), 物体検知(object detection), トラッキング(tracking), 3次元座標復元(3-dimensional coordinates restoration), SfM(structure from motion)

1. はじめに

都市の上空を取り巻く状況は日々変化している. 一例を挙げると, 近年では UAV(Unmanned Aerial Vehicle, ドローン)の市場が拡大しており, 日本においても2030年には1000億円の市場規模と予想している研究機関も存在する(日経新聞(2015)). 千葉県では, 国家戦略特区として UAVの活用を目指し, 幕張新都心内の店舗から UAVによって超高層マンションの各戸へ薬品など生活必需品の宅配を行うといったように都市の中で, UAVの運用を行えるように検討を進めている市もある(千葉県 HP).

しかし, UAVについてはプラス面だけではなく, マイナス面もある. 昨年, 春に首相官邸にドローン(UAV)が落下した事件は, まだ記憶に新しいだろう. また違法なドローンによって盗撮などの犯罪が行われる可能性もある.

また, 都市部の比較的低空を飛んでいるヘリコプターや飛行機に関しても, 航空法に抵触するよ

うな低空を飛んでいないか, 不自然な飛び方をしていないかということ把握する必要がある.

さらに, 都会の空を飛んでいるのは人工物だけではない. 鳥たちも飛んでいる. 特に都会において鳥の移動がどのように行われているか, その実態を把握することは鳥害等の対策を立てる上でも有意義である. リアルタイムでの鳥の飛行状態の把握ということであれば, 空港周辺で, バードストライクが起り得るような空域に鳥がいたり, 向かっていたりしないかといったことの監視ということに利用することも考えられる.

一方で, 技術的には, 近年, 画像処理の分野では, 飛行物体の検出から追跡, 分類までを行った研究として, Artem Rozantsevら(2015)の研究が挙げられる. この研究では1台のビデオカメラによる撮影から得られた動画から飛行物体を検知, 追尾し, 外見の特徴と動きの特徴の両者をもとにその物体が対象物である飛行機かどうかあるいは UAVであるかどうかについて分類を行っている. ただし1台のビデオカメラであるために対象物の大きさが所与でない限り3次元的な軌跡は計算できない.

これらの観点から, 本研究では, 都市空間上の

祖父江英謙 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1

東京大学工学部社会基盤学科

Phone: 03-5452-6415

E-mail:h-sobue@iis.u-tokyo.ac.jp

飛行物体の自動的な検出・長期の蓄積を目的とした研究の第一段階として、ビデオカメラを都市部に2台設置し、得られた動画から、飛行物体の3次元的な軌跡を求めることとした。

2. 手法

複数地点から動画を撮影し、それぞれの動画について、飛行物体のトラッキングを行い、2次元的な軌跡を求める。また、複数地点からの画像について SIFT 特徴量を用いマッチングし、カメラの向きと位置関係を求める。最後にそれらをもとに三角測量を行い、飛行物体の3次元的な軌跡を求めた (図-1)。

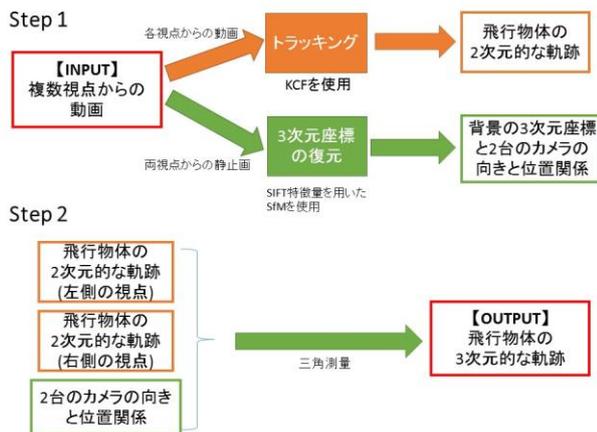


図-1 手法の概念図

2. 1 撮影

撮影は、ほぼ同じ範囲の空が写るよう向きを調整した2台のビデオカメラ (SONY 製ビデオカメラ FDR-AX30) で解像度は 4K (3840*2040pixel) を使い、フレームレートは 30fps とした。また、遠くの物体に対しても視差が得られるように、六本木ヒルズの43階の屋内に60mほどの間隔をあけて設置した。とくに、屋内であるため、窓の反射の影響を軽減するのを目的として円錐台型のフードと長方形の布を組み合わせたものをつけて撮影を行った (図-2)。撮影は2016年8月1日~5日にかけて行い、今回の解析では8月5日に撮影した動画を用いた。2台のビデオカメラで撮られた動画は3次元座標を復元する際に、何点か対応付け

る必要があるため、テクスチャのあるビル群が写るような向きにビデオカメラを設置した。



図-2 撮影の様子

2. 2 トラッキング

トラッキングは OpenCV 3.1.0 のエクストラモジュールに含まれる KCF という手法を用いた。この手法は Martin Danelljan ら (2014) の手法をもとに実装されており、最先端の手法の1つである。OpenCV に実装されているものは大きさ固定の矩形で追尾するものとなっている (図-3, 図-4)。

今回の撮影中、飛行物体が同時に複数であったものはわずかであったため、Multi object tracking ではなく、Single object tracking を使用した。また、今回は手作業で最初の矩形を選択し、トラッキングを行い、トラッキングの矩形の中心の座標を、物体の中心とみなした。

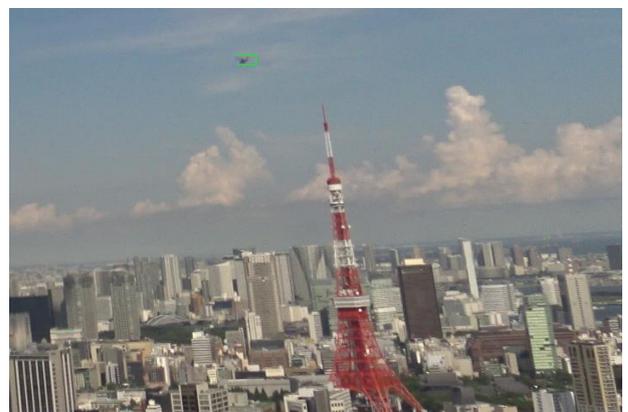


図-3 KCF tracking



図-4 トラッキングの対象

2.3 3次元座標復元

東京タワーの縦のライン上をヘリが通過するタイミングを計測して、2視点からの動画の時間を合わせた。真値はタワーの前をヘリが通った場合と、ヘリの後をヘリが通った場合の間の値となる。その間の値で適当なものを使用した。

2台のビデオカメラの位置関係、向き、背景の3次元座標の算出には SIFT 特徴量を用いたマッチングを行い（図-5）、Structure from Motion(SfM)という手法を使用した。SfMのステレオマッチングに対するメリットは、2台のカメラをほぼ平行にするとといった制約がないことである。今回、ビデオカメラはビルの窓際に設置することを想定しており、ビルによってはステレオマッチングをできるような位置に置くことが不可能な場合がある。そのため、SfMを採用した。

実装に際してはOpenMVGのライブラリを使用し、付属サンプルコードのmultiview_robust_essential_ba.cppをベースにプログラムを組んだ。すべてのフレームでSfMを行うと計算量が大きくなり、また、ビデオカメラ自体が固定であることを考慮し、解析開始の1フレーム目を静止画として切り出し、その画像に対してSfMを行った。

3. 結果

8月5日の日中7時間について、動画を確認したところ、航空機20機、ヘリコプター15機、そ

の他の鳥や蝶などを5羽撮影されているのを確認できた。ただし、航空機と大部分のヘリコプターは遠方を飛んでいるため、トラッキングと3次元座標の復元が難しく、鳥等はあまりにも近くを飛んでおり、片方のビデオカメラにのみ写っていたため、今回は比較的近距离を飛んでいたヘリコプター4機に対して、トラッキングと3次元座標の復元を行った。図-6は解析の結果で得られたヘリコプターの3次元的な軌跡をMeshLabというフリーソフトを使用して表示した様子である。黄緑色と水色の点がビデオカメラの位置、赤色の点が飛行物体(ヘリコプター)の軌跡、白色が背景の特徴点を表す。

3次元座標の復元から求めたビデオとヘリの距離を、動画に写るヘリの大きさから推定したビデオとヘリの距離と比較したのが図-7である。3次元座標の復元から求めた距離を縦軸、動画に写るヘリコプターの大きさから推定した距離を横軸にとった。なお、ヘリコプターの大きさは高さ方向が一律に3mであると仮定して計算を行った。

動画におけるヘリの大きさから求めたビデオカメラからヘリコプターの距離よりも、3次元座標の復元から求めたそれは有意に小さい値となっている。2つの動画の時間合わせがあっていなかったり、トラッキングの矩形の中心がヘリコプターの中心と一致しなかったりするために、視差がより大きくなってしまい、実際より小さい距離が出ていると考えられる。



図-5 SIFT 特徴量によるマッチング

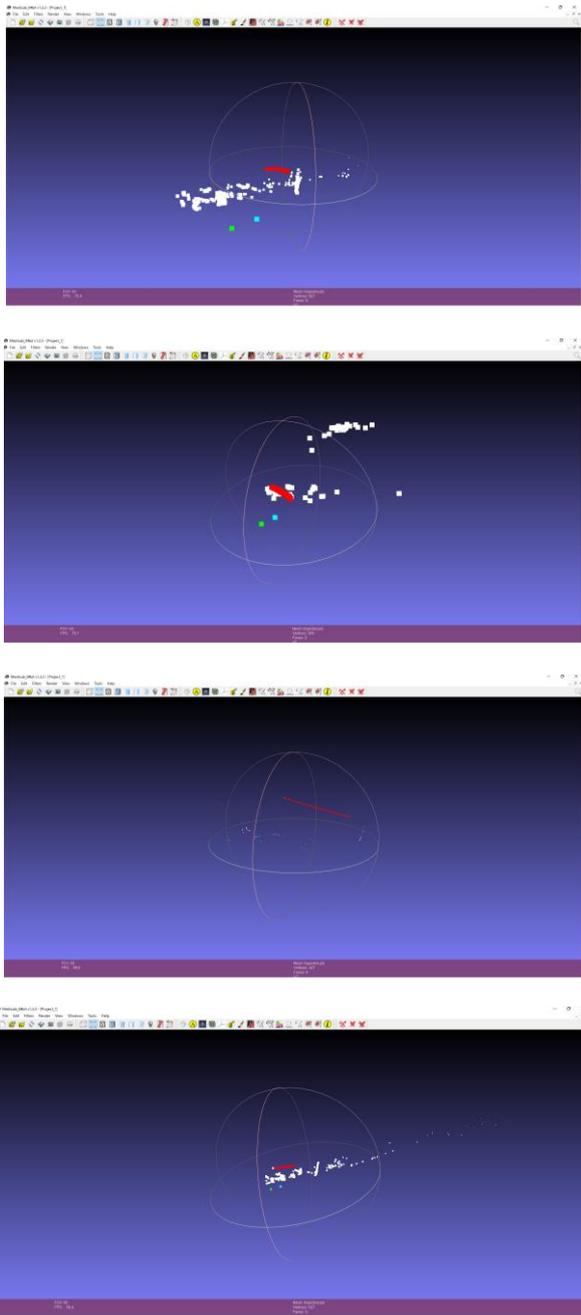


図-6 飛行物体の軌跡

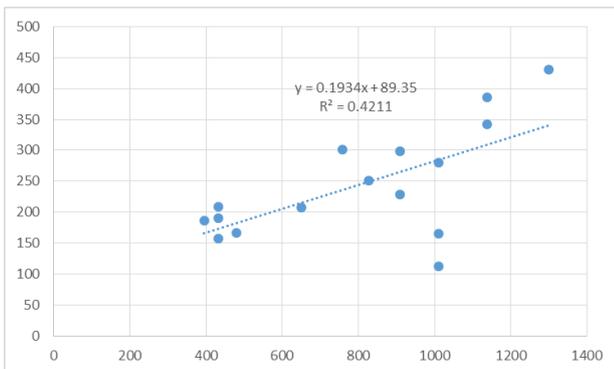


図-7 3次元座標の復元による距離推定の評価

4. おわりに

本研究では、複数視点からの動画より、飛行物体の3次元的な軌跡を求めることが出来た。しかし、2視点の動画に対しての厳密な時間合わせ、トラッキングの矩形の中心が飛行物体の中心になるとは限らない等、精度に関してはまだ改善の余地がある。今後の展望としては、このような精度の向上に努めると共に、本研究で行わなかった飛行物体の自動的な検出と、3次元的な軌跡を使った物体の分類についても取り組み。都市空間上の飛行物体の自動的な検出・長期の蓄積を行うシステムを完成させることを考えている。

謝辞

本研究において、森ビル株式会社に六本木ヒルズ内に動画の撮影場所を提供していただいた。ここに深謝致します。

参考文献

- <http://opencv.org/> OpenCV HP
- https://github.com/opencv/opencv_contrib
OpenCVのエキストラモジュールのGitHub
- <https://github.com/openMVG/openMVG>
OpenMVGのGitHub
- <http://meshlab.sourceforge.net/>
MeshLab HP
- Martin Danelljan, Fahad Shahbaz Khan, Michael Felsberg, Joost van de Weijer., 2014. Adaptive Color Attributes for Real-Time Visual Tracking. 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR).
- Artem Rozantsev, Vincent Lepetit, Pascal Fua., 2015. Flying objects detection from a single moving camera. 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR).
- <http://www.nikkei.com/article/DGXMZ088951410W5A700C1000000/>
日本経済新聞 HP(2016年8月17日閲覧)
- https://www.city.chiba.jp/sogoseisaku/sogoseisaku/makuhari/tokku_proposal.html
千葉市 HP(2016年8月17日閲覧)