

ステレオ法による 3次元動体追跡システムの開発

北村 聡史¹・中山 紘喜²・野上 敦嗣³

¹非会員 北九州市立大学博士前期課程 国際環境工学研究科 (〒808-0135 福岡県北九州市若松区ひびきの1-1)

E-mail: z8mac005@eng.kitakyu-u.ac.jp

²非会員 北九州市立大学博士後期課程 国際環境工学研究科 (〒808-0135 福岡県北九州市若松区ひびきの1-1)

E-mail: y7dac004@eng.kitakyu-u.ac.jp

³正会員 北九州市立大学教授 国際環境工学部環境生命工学科 (〒808-0135 福岡県北九州市若松区ひびきの1-1)

E-mail: nogami@kitakyu-u.ac.jp

本研究では画像・動画処理ライブラリである OpenCV を用いて鳥を対象に撮影した動画から動体の検出・追跡を行った。各追跡手法の精度の評価を行い、精度の良かった手法を用いてステレオ撮影を行い得られた座標から緯度経度を求め3次元での移動軌跡を調べた。

5種の追跡手法を評価した結果、BOOSTINGを使用したときに最も正確に追跡できた。2台のカメラで撮影した動画のpixel座標を平面直角座標系へと変換し、平面直角座標を緯度経度に変換したものをGoogleEarth上に表示することで3次元での鳥の移動軌跡を明らかにすることができた。

Key Words : environmental assesement, ecosystem research, OpenCV, object tracking,

1. 緒言

環境アセスメントの対象となる環境要素には大きく分けて、環境の自然的構成要素の良好な状態の保持、生物の多様性の確保及び自然環境の体系的保全、人と自然との豊かな触れ合い、環境への負荷の四つがある。この中の生物の多様性の確保及び自然環境の保全には生態系の調査も含まれ、動物の行動圏の調査が行われている。鳥類調査の場合は、地域に飛来する鳥類の種類や数、採餌場などの利用状況、繁殖の有無などを調査し、開発に伴う野鳥の生息域の消滅の程度を定量的に評価する必要がある¹⁾。図-1は建設事業地区での野鳥の採餌行動に関わる飛翔経路の調査例²⁾である。また、バードストライク対策も航空機に加えて、近年、風車も大きな問題となっており、風車建設の際に渡り鳥に及ぼす環境影響の予測・評価の精度向上を目的とした予測衝突回数の算出方法の現状と課題の調査研究³⁾などが行われている。

鳥の検出や飛翔計測への情報技術 (IT) の応用研究としては、ステレオ計測を用い飛翔中の鳥の3次元位置座標を取得する方法⁴⁾や、滑走路周囲1km以下の範囲の鳥の検出を目的として自然背景光でも適用できる動体検出

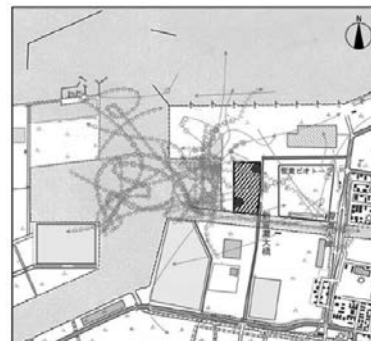


図-1 飛翔経路調査例(カサゴ)

法とステレオPTVを組み合わせた飛翔体モニタリングシステムの開発⁵⁾などが行われている。風力発電所の風車へのバードストライク回避のために画像認識による鳥の検出・分類手法の評価に深層学習、AIの活用が試みられている⁶⁾。

鳥類の追跡や生息域の調査は様々な研究で行われているが、鳥の追跡に適した手法を調べることで調査の精度を高めることができる。そこで本研究では鳥を対象として、動画から動体の検出及び追跡を行い、複数ある動体

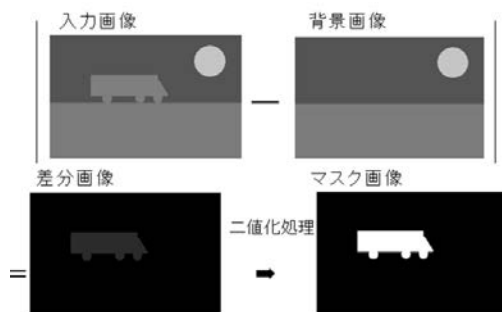


図-2 背景差分法

追跡方法の中からどの方法が鳥の追跡に適しているのか調査を行った。その後、カメラを二台用いて撮影することにより鳥の移動した軌跡を三次元で表示した。

2. 研究方法

プログラムの作成はIntel社が開発・公開しているライブラリであるOpenCV⁷⁾、言語はPythonを使用した。

動画の撮影に使用したカメラは、ソニーのα7sIIである。このカメラは静止画では4240×2832、動画では1920×1080ピクセルの解像度を持ち、ISO感度は静止画・動画ともにISO100から12800であり、光源の少ないところでも明るく撮影することができる。ステレオ撮影には、ソニーのDSC-HX60V、4k動画の撮影にはパナソニックのDC-FZ85を用いた。使用した動画は北九州市立大学、響灘ビオトープ、頓田貯水池で撮影した。

(1) 動体検出

動体検出には背景差分法を使用した。背景差分法とは用意した背景画像と入力画像の差の絶対値を取って差分画像を作成し二値化処理で背景と前景に白黒で分けた画像を作成する方法であり、固定カメラでは背景部分の変化が少なく動画から移動物体を前景として抽出しやすいためこの方法を用いた。(図-2)

(2) 動体追跡

物体を追跡するトラッカーを生成・初期化し、フレーム画像の読み込みとトラッカーの更新を繰り返し処理することで追跡を行う。動体追跡に関しては3種類のプログラムを作成した。一つ目は追跡動画を連番画像として保存するプログラムである。画像名の更新と画像保存の繰り返し処理を行うプログラムを作成した。二つ目は追跡対象の座標を抽出するプログラムである。csvファイルを作成し、そのファイル内にフレームごとの追跡対象の座標を抽出し書き込むプログラムを作成した。三つ目

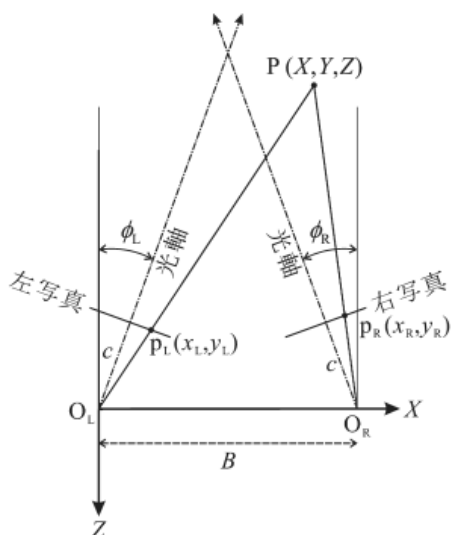


図-3 ステレオ撮影法



図-4 ステレオ撮影 原画像

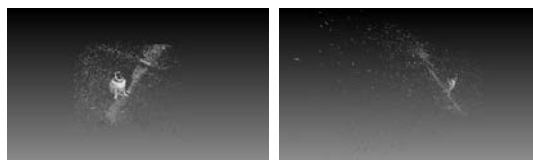


図-5 ステレオ画像の3次元表示

は移動軌跡を描画するプログラムである。ひとつ前のフレームでの追跡対象の座標から現在のフレームでの座標へ線を引く動作を繰り返すことで軌跡を描画するプログラムを作成した。

(3) 軌跡の3次元表示

OpenCVに用意されているステレオマッチングの関数を用いて静止画の三次元表示を行った。この方法はカメラ二台を平行に設置しそれぞれで撮影した画像の視差の違いから奥行きを求め、表示するものである(図-3)⁷⁾。

ステレオ撮影した画像を図4に、三次元表示した結果を図5に示す。この方法はカメラから遠くなるにつれて視差が小さくなり、一定以上離れた距離にあるものは視差がなくなり奥行きがわからなくなる。そこで今回の研究は二台のカメラで撮影した動画から抽出した追跡対象の座標を、カメラを設置した座標・カメラ間距離・焦点距離・カメラの角度などを用いて緯度経度に変換するプ

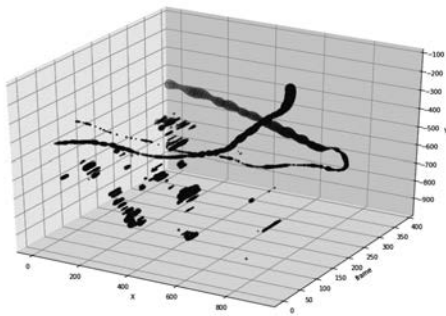


図-6 全フレームの検出結果

ログラムを作成し、GoogleEarth上に三次元での移動軌跡を表示した。

3. 結果

(1) 動体検出・動体追跡

動画の全フレーム連続で動体を検出した結果を図-7に示す。鳥だけでなく山の木々の揺らぎも検出されているが、動きが小さいためどれが鳥の検出位置か把握することができた。結果を図-6に示す。

OpenCVの動体追跡には、BOOSTING, MIL, TLD, KCF, MEDIANFLOW, の計五種類の動体追跡方法がある。各手法で追跡した結果の比較を行った。追跡ができたものを図-7に、できなかったものを図-8に示す。

BOOSTINGに比べてMILではトラッカーがぶれている箇所が多いように思われ、BOOSTINGのほうが追跡に適していると考えられる。

(2) 追跡結果の考察

追跡できたもの、できなかったものそれぞれの理由などについて各トラッカーの特徴から考察する。

BOOSTINGは、初めに与えられた領域を正例として学習し、新しいフレームが読み込まれると前フレームでの対象位置の周辺で識別が行われ、最も正例と一致する場所を新たな対象の位置として更新する。

MILはBOOSTINGと同様な考え方が、初めの領域だけを正例とするのではなくその周辺から得た領域も含めて複数のサンプルをひとつの集合として正例とする。切り出した対象領域が多いため追跡はしやすいと思われるが、集合の中には対象が領域の中央に位置していないようなものも含まれるために追跡している位置がぶれてしまうことが多くなったのではと考えられる。

KCFはBOOSTINGやMILと異なり、対象位置の周辺からランダムに領域をとり識別するのではなく、一画素ず

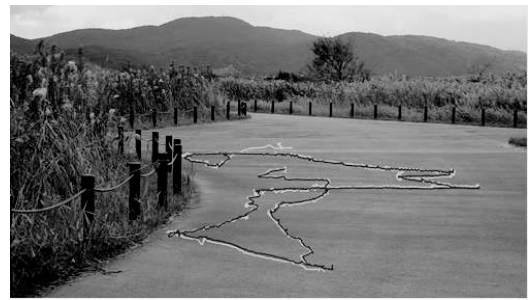


図-7 追跡結果(MIL(黄)、BOOSTING(赤))

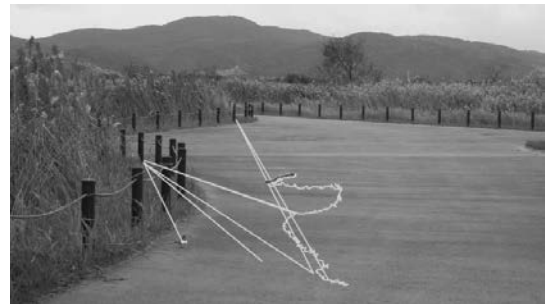


図-8 追跡結果(MEDIANFLOW(青)、TLD(黄)、KCF(赤))

つ領域を移動させた画像群を解析的に処理して識別を行うものである。このことから追跡の精度はよくなると考えられるが、処理が多くなりすぎてウィンドウがフリーズしたと思われる。

TLDは検出・学習・追跡を毎フレーム行う方法であり、初めの領域から正例となる対象を学習し次のフレームからは画像全体から対象の検出を行う。この際に対象以外のものを検出することや何も検出されないこともあるため、今回の結果のように途中で追跡している矩形が消えたり対象物以外のところに生じたと考えられる。

MEDIANFLOWは追跡対象の領域をグリッド状に分割しグリッド内の点を追跡し点の動きを求め、その中央値から領域の位置を更新する。他の方法と違い対象を正例として学習して識別するのではなく動きの流れを追っているため、直進などの予測しやすく、動きが小さい場合は追跡できるが今回の鳥などの追跡には向いていないと考えられる。

(3) 軌跡の三次元表示

二台のカメラで撮影した動画での追跡結果(図-9、図-10)から各動画での対象のpixel座標を抽出し、各フレームでの差(視差)を求めた(表-1)。次に、画像中心を原点として、焦点距離を用いて画像座標をm単位に変換し、画像の中心のx座標(cx)・y座標(cy)・カメラ間の基線長(bl)・焦点距離(f)・視差($disp(x,y)$)を用いて、三次元座標を求めた。求める際に使用した式を式(1)～式(3)に示す。

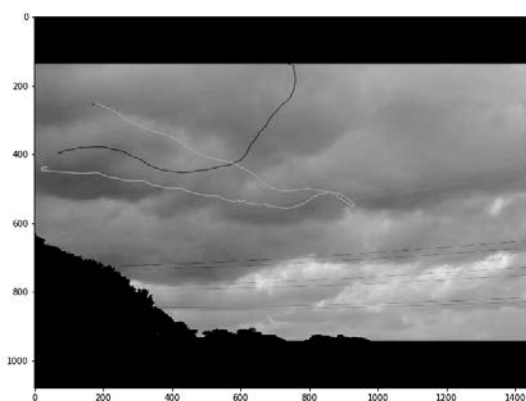
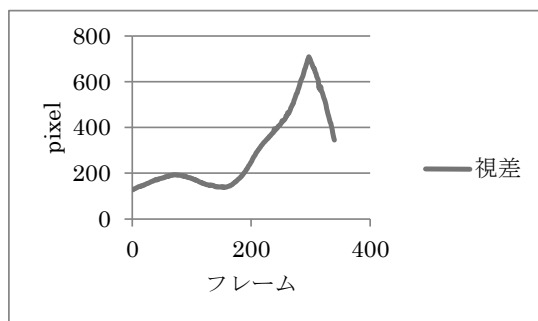


図-9 追跡結果(左カメラ)



図-10 追跡結果(右カメラ)

表-1 フレーム-視差グラフ



$$X = (x - cx) \times \frac{bl}{disp(x,y)} \quad (1)$$

$$Y = (y - cy) \times \frac{bl}{disp(x,y)} \quad (2)$$

$$Z = f \times \frac{bl}{disp(x,y)} \quad (3)$$

求めた三次元座標は平面直角座標系であるので、各フレームでの座標を緯度経度に変換し、kmlファイルで保存することでGoogle map, Google Earth上で表示できた。



図-11 Googlemap上に表示した結果



図-12 Google Earthで上から見た軌跡

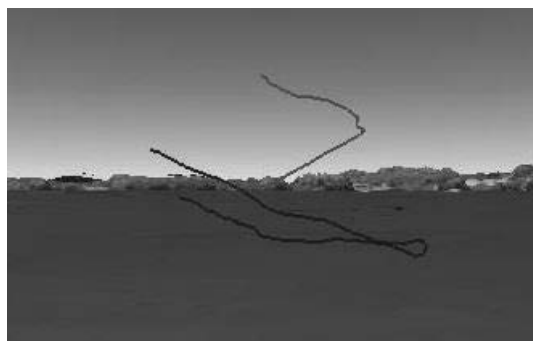


図-13 GoogleEarth上で横から見た軌跡

結果を図-11, 図-12, 図-13に示す。

(4) 360°カメラによる撮影

ステレオ撮影は、ライブカメラ・webカメラを使用してビオトープなどのフィールド全体を撮影して行うことを視野に入れて行っているため、鳥などのある程度サイズが大きいものを対象にして撮影を行っている。しかしこれではビオトープ内の湿原などに飛来するトンボといったような小さい生き物の調査ができない。そこで、そのような調査を行う際には360°カメラを設置することで、どの方向からどれくらいの頻度で飛来するかなどの調査ができる。撮影結果を図-14, 映っていたトンボの動体追跡を行った結果を図-15に示す。

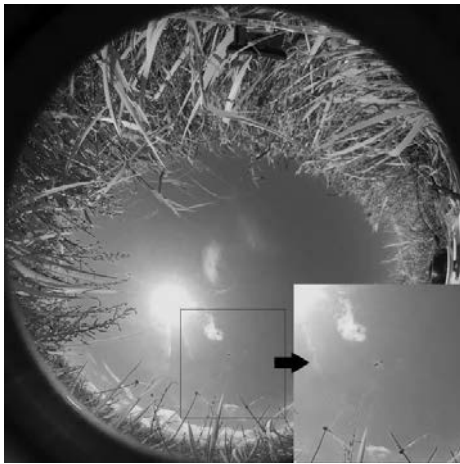


図-14 360°カメラ撮影結果



図-15 360°カメラ追跡結果

4. まとめ

本研究では、OpenCVを用いて鳥を対象とした動体検出と動体追跡を行い、鳥の追跡に適した手法を調べることに。その手法を用いて二台のカメラで追跡を行って得られた各カメラでの追跡対象の座標から緯度経度を求め、三次元での追跡した軌跡を調べることを目的とした。

背景差分法を用いた動体検出により、動画内の鳥の位置や何個動体が出現しているかを調べることができた。

動体追跡ではOpenCVに用意されている追跡方法を比較することで鳥の追跡に最も適している方法を調査し、五つの手法の内、BOOSTINGが適していることが分かった。この手法を用い、二台のカメラで撮影した動画のpixel座標を平面直角座標系へと変換し、平面直角座標を緯度経度に変換したものをGoogleEarth上に表示することで三次元での鳥の移動軌跡を明らかにすることができた。

今後は異なるパターンの動画で追跡を行いその差異を調査する。また、AIによる検出した鳥の識別を公開されているモデルではなく自分で学習させたモデルも用いて行う予定である。三次元の軌跡調査と同様に360°カメラを二台並べて撮影することで対象の高度などを調べ

参考文献

- 1) 中嶋 雅孝, 岡部 求美, 内田 唯史: 環境アセスメントにおける野鳥の評価方法(その2), 環境技術, 26巻, 2号, p157-164
- 2) 響灘ウインドエナジーリサーチパーク建設事業(響灘ウインドエナジーリサーチパーク合同会社) 環境影響評価書
<http://www.city.kitakyushu.lg.jp/files/000709243.pdf>
- 3) 見上 伸, 高橋 雅也, 戸谷 充雅, 島田 泰夫, 谷口 綾, 西林 直哉, 和田 伸久, 魚崎 耕平: 環境影響評価における鳥類の衝突予測の現状と課題, 風力エネルギー利用シンポジウム, 37巻, p464-467
- 4) アジア航測㈱: ステレオ計測による鳥類の飛翔位置の把握
<http://www.ajiko.co.jp/product/detail/ID4TCIDA39D>
- 5) 村井 祐一, 田坂 裕司, 武田 靖: 応用ステレオPTVによる大気中の飛翔体の3次元計測, 可視化情報学会誌, 29-1巻, 1号, p371
- 6) 環境省, 平成25年度海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策検討委託業務報告書
- 7) OpenCVとVisual C++による画像処理と認識(24)
http://ishidate.my.cocacn.jp/opencv_24/opencv_24.htm
- 8) OpenCV <https://opencv.org/>
- 9) 現場で使える! TensorFlow開発入門 Kerasによる深層学習モデル構築手法, p127-134

(Received June 19, 2019)

DEVELOPMENT OF 3D MOVING OBJECT TRACKING SYSTEM BY STEREO METHOD

Satoshi KITAMURA, Hiroki NAKAYAMA and Atsushi NOGAMI

In this research, we detected and tracked moving objects from movies taken for birds using OpenCV which is a processing library of images and movies. We evaluated the accuracy of each method, and we did stereo photography with the best accuracy method.

As a result of evaluating five kinds of tracking methods, the most accurate tracking was when using BOOSTING. The coordinates converted to latitude and longitude are displayed on GoogleEarth. So we examined the movement trajectory of the bird in three dimensions.