

高速度カメラを用いた 移動物体追跡による水中画像からの視野妨害ノイズ除去

南川 豊浩 山下 淳 金子 透

静岡大学工学部 〒432-8561 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

E-mail: {f0710126, tayamas, tmtkane}@ipc.shizuoka.ac.jp

あらまし 近年、水中環境調査等において水中ロボットの観測システムの必要性が増している。観測システムとして搭載したカメラによる画像センシングが用いられる。しかし、水中では気泡や小魚、その他の浮遊物などが存在し、視野を妨害することがある。そのため、撮影した画像中から気泡等の視野妨害ノイズを除去し視野の明瞭化を図る必要がある。そこで本論文では、高速度カメラを用いて移動物体を追跡することで画像中から視野妨害ノイズを除去する手法を提案する。本手法では、動き・大きさ・色の特徴量を利用して異なる複数の物体を識別し、時系列画像を用いることで観察したい対象を残して視野妨害ノイズのみを除去する。

キーワード 高速度カメラ, オプティカルフロー, 時系列画像, 視野妨害ノイズ

Removal of Scene Occluder from Underwater Images Based on Moving Object Tracking with High Speed Camera

Toyohiro MINAMIGAWA Atsushi YAMASHITA and Toru KANEKO

Faculty of Engineering, Shizuoka University 3-5-1 Johoku, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka, 432-8561, Japan

E-mail: {f0710126, tayamas, tmkane}@ipc.shizuoka.ac.jp

Abstract In recent years, there has been growing the need for observation systems by underwater robots in the aquatic environment research. Image sensing is in general a very effective way for observation, however, in subsea environment, bubbles, small fish and other floating matter may sometimes interfere with the field of view as scene occluders. This paper proposes a method for removing scene occluders from images by detecting moving objects with high speed camera. The method identifies different objects with feature values such as motion, size and color, and removes the scene occluders by using sequential images.

Keyword High Speed Camera, Optical Flow, Sequential Image, Scene Occluder

1. 序論

近年、海洋生態調査や海洋環境調査、サルベージ等の危険な作業で人間に代わって水中ロボット、無人潜水艦等が活動することが増えてきた。したがって、水中ロボット等の観測・制御システムの必要性も増している。そこで水中に存在する対象物の位置・形状を搭載したカメラで高精度に検出するために、画像センシングが用いられるようになってきている[1]。

しかし、水中では気泡や小魚、その他の浮遊物などが存在し、視野を妨害することがある。そのため、画像センシングで物体を観測するには、画像中から気泡等の視野妨害ノイズを除去し視野の明瞭化を図る必要がある。

この問題に関して、クラスタリング手法を用いて画像中の動物体を分類し、計測対象だけを抽出することで気泡ノイズに影響されない水中環境計測手法が提案

されている[2]。この手法では、クラスタリングの分類データに各動物体を構成する画素数(大きさ)を特徴量として与えることで、動物体を分類している。そして、要素数の多い動物体を気泡ノイズとして識別している。

しかし、近い大きさの異なる動物体が存在する場合、その動物体を識別することができず、気泡ノイズ以外の視野妨害ノイズに対応していない。



図1 視野妨害ノイズ例

そこで本研究では、高速度カメラを用いて移動物体を追跡することで、気泡ノイズ以外の視野妨害ノイズにも対応した視野妨害ノイズの検出と除去を行い、明瞭化された画像を取得することを目的とする。

高速度カメラを用いて取得した高フレームレートの動画画像から動物体の運動推定や抽出を行う。次に動物体の動き・大きさ・色の特徴量を基に画像中の動物体を分類する。分類した結果を用いて、時系列画像中で視野妨害ノイズのないフレームから現フレームへ画素の補間を行うことで視野妨害ノイズを除去する。

2. 画像処理による視野妨害ノイズ除去

提案手法の処理手順を図2に示す。

まず高速度カメラを用いて撮影を行い、高フレームレートの動画画像を得る。まず取得した画像からオプティカルフローの算出を行う(2.1節)。次に背景差分法により物体の抽出を行う(2.2節)。さらに動き、大きさ、色の特徴量を用いて動物体を分類し、視野妨害ノイズを検出する(2.3節)。最後に計測対象を残し、検出した視野妨害ノイズだけを時系列画像処理により除去する(2.4節)。

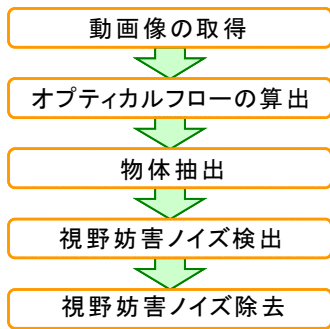


図2 処理手順

2.1. オプティカルフローの算出

画像上の動きベクトル場であるオプティカルフローを算出することで物体の動きの情報を得る。

本研究では、Lucas-Kanade法[3]を用いて、オプティカルフローの算出を行う。この手法は、輝度勾配に基づくオプティカルフローアルゴリズムで、連続するフレーム間で輝度値の大きな変化がないという条件のもと精度良くオプティカルフローを算出することができる。本研究では、高速度カメラを用いて高フレームレート画像を得ることで動物体の対応を取りやすくしている。また各画素で求めたオプティカルフローの平均値を3×3画素単位で求め、上下左右の4方向で一番大きな値となる方向を、その領域のベクトルとして扱う。このベクトルを動きの特徴量とする。

2.2. 物体抽出

物体の抽出を背景差分法により行う。まず背景差分法に用いる背景画像の推定・生成を行う。

背景画像の生成には、文献[4]を参考に作成した時系列メディアンフィルタを用いる。時系列メディアンフィルタは、時系列画像を用いて時間軸方向の輝度値に対して中央値をとる処理であり、瞬間的なノイズの除去に有効である(図3)。

本手法では、フレーム間隔を大きくし、動物体を瞬間的なノイズとして捉えることで、取得した中央値を背景画像の画素値としている。得られた背景画像により背景差分を行い、物体抽出をした2値化画像を得る(図4)。さらに2値化画像に収縮・膨張処理を行い、背景差分処理で生じる画像ノイズを取り除く。

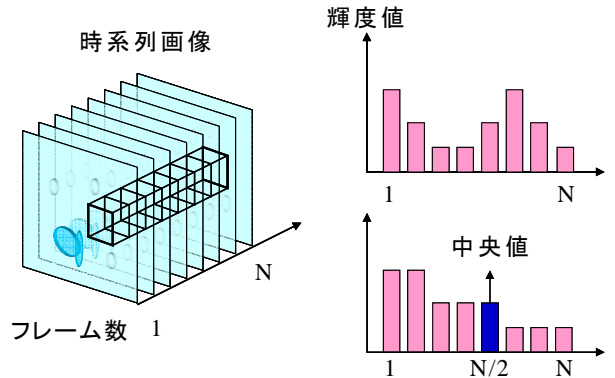


図3 時系列メディアンフィルタ

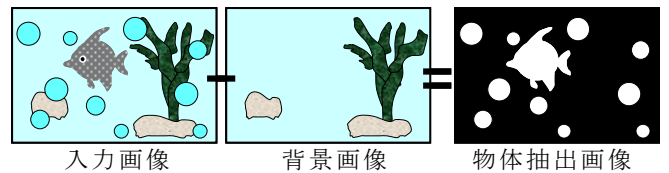


図4 背景差分法

2.3. 視野妨害ノイズの検出

2.2節で得られた2値化画像に対してラベリングを行い、各物体領域の構成画素数(大きさ)を求める。また、2.1節で得たオプティカルフローにより各物体領域の動きを求める(図5(a))。この大きさと動きに加えて色の特徴も用いて物体を分類する(図5(b))。分類結果を用いて、視野妨害ノイズを検出する。

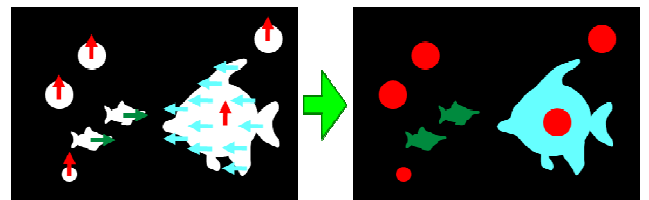


図5 物体分類概略

2.4. 視野妨害ノイズの除去

2.3節の処理で得た検出結果を用いて時系列画像処理により視野妨害ノイズの除去を行う。

除去の処理手順を図 6 に示す。この処理は各画素に対して行っている。まず現フレームにおいて、画素が視野妨害ノイズ領域に存在しているか判断する。画素が視野妨害ノイズ領域に存在していれば、その画素が視野妨害ノイズ領域に存在していないフレームを探索する。この際、画素が観察対象領域にも存在しているかどうかで必要なフレームの条件が異なる。

そして条件を満たしたフレームの画素の値を現フレームの画素に補間することで視野妨害ノイズの除去を行う。これを全画素について繰り返し、終了したら次のフレームの処理に進む。

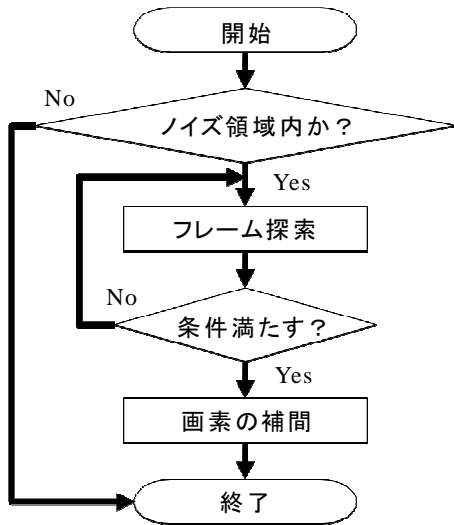


図 6 除去手順

次にフレーム探索の際の条件について説明する。

画素が図 7 中の現フレームにおいて視野妨害ノイズ領域にあるとした場合、フレーム探索を行う。図 7 の現フレームにおける左の視野妨害ノイズ領域のように画素が観察対象内にもある場合、フレーム探索の条件

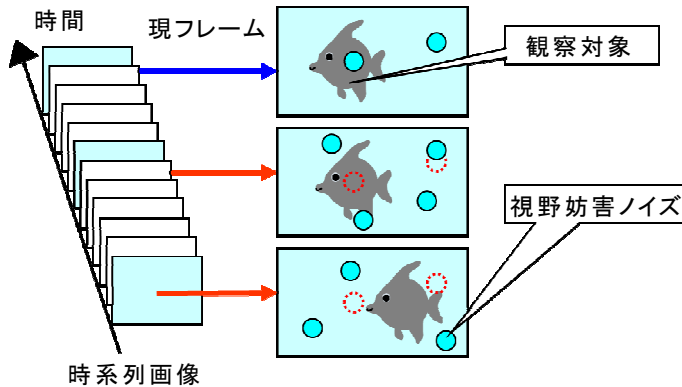


図 7 フレーム探索条件

は図 7 中の 2 つ目のフレームのように視野妨害ノイズがなく、観察対象があるフレームとなる。

現フレームにおける右の視野妨害ノイズ領域のように画素が観察対象内になければ、フレーム探索の条件は図 7 中の 3 つ目のフレームのように視野妨害ノイズがなく、観察対象がないフレームである。

3. 実験

本研究では、気泡と小魚の模型で視野が妨害されている環境を移動する魚の模型を観察するために、視野妨害ノイズを除去する実験を行った。

実験には、背景に青い画用紙を貼りつけた水槽、海藻の模型、エアシャワー(気泡発生装置)、小魚の模型、魚の模型を用いた(図 8)。魚の模型を観察対象として、気泡と小魚の模型を視野妨害ノイズとする。

撮影は、高フレームレート撮影が可能なデジタルカメラ(CASIO 製 EXILIM EX-F1)で撮影を行った。撮影した動画の解像度は、432×192pixel、フレームレート 600fps である。

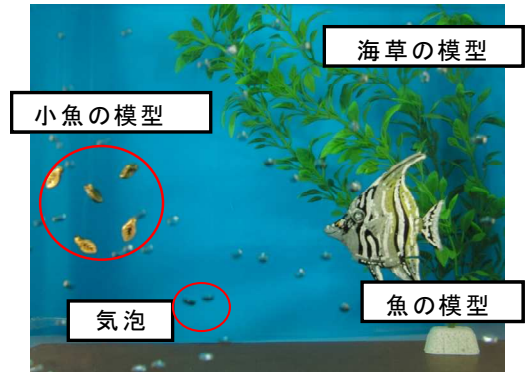


図 8 実験環境

背景差分法による物体抽出のために、時系列メディアンフィルタを用いて生成した推定背景画像を図 9 に示す。生成された画像はグレースケールで、生成にはフレーム間隔 32 でフレームを 40 枚使用した。



図 9 生成した推定背景画像

背景差分法により抽出した物体の抽出結果を図 10 に示す。背景が黒領域で、物体が白領域となっている。なお、収縮・膨張処理を行い、画像ノイズを取り除いた後の結果である。

物体抽出の結果に、ラベリングを行い、特徴量を用いて分類した。観察対象を抽出した結果を図 11 に示す。



図 10 物体抽出



図 11 観察対象抽出

物体の識別の結果を用いて得た視野妨害ノイズの検出結果を図 12 に示す. 視野妨害ノイズ部分を検出し、それ以外の領域は黒色にした.

図 12 から視野妨害ノイズである気泡と小魚の模型両方が検出できていることが確認できる.



図 12 視野妨害ノイズ検出

ここまでの処理結果を用いて、視野妨害ノイズを除去した結果を示す (図 13).

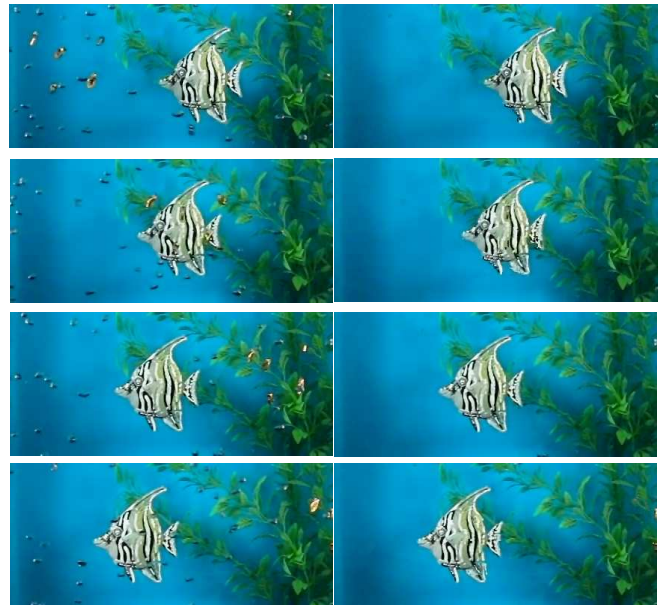
原画像と除去画像を比較すると視野妨害ノイズが除去できており、魚の模型を障害なく観察できることが確認できる.

この結果から気泡ノイズ以外に小魚の模型といった視野妨害ノイズが存在していても、識別して除去を行えることが確認できた. しかし、観察対象と視野妨害ノイズが重なっている部分でズレが生じることがある. これは時系列画像中で時刻の異なるフレームから画素を補間し、視野妨害ノイズを除去しているために起こる問題であると考えられる.

4. 結論

本研究では、画像中の移動物体の追跡を行うことで、物体の識別を行い、観察対象を残し視野妨害ノイズのみを除去する手法を提案した. 実験結果から、この手法で気泡ノイズ以外にも対応した視野妨害ノイズ除去を行えることが確認できた.

一方、観察対象と視野妨害ノイズが重なっている部分でズレが生じ、観察対象の形状を損ねてしまう問題がある. 今後、時系列画像中で観察対象の位置合わせを行い、補間する画素のズレを補正して視野妨害ノイズ除去を行うなどの対処をする必要があると考えられる.



(a)原画像

(b)除去画像

図 13 視野妨害ノイズ除去結果

謝辞

本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金基盤研究若手研究(A)2680017, および財団法人旭硝子財団の援助を受けた.

文 献

- [1] R. Li, H. Li, W. Zou, R. G. Smith and T. A. Curran: "Quantitative Photogrammetric Analysis of Digital Underwater Video Imagery", IEEE Journal of Oceanic Engineering, 22, 2, pp.364-375(Apr.1997)
- [2] 加藤進, 山下淳, 金子透: "ステレオカメラを用いた気泡ノイズにロバストな水中環境センシング", 第 10 回ロボティクスシンポジウム講演予稿集, pp.301-306(Mar.2005)
- [3] B. Lucas and T. Kanade: "An iterative image registration technique with an application to stereo vision", Proceedings of the 7th International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp.674-679 (Aug.1981)
- [4] 三宅一永, 米田政明, 長谷博行, 酒井充, 丸山博: "時間メディアンフィルタによる降雪ノイズ除去", 画像電子学会誌, 30, 3, pp.251-259(May 2001)