

水中動画像を対象としたパノラマ画像生成

南 佳孝^{†1} 右田 雅裕^{†2} 戸田 真志^{†2}

パノラマ画像を作成する際重要になるのは特徴点の抽出である。本研究では比較的特徴点が少ない水中動画像を対象としたパノラマ合成について取り扱う。しかしその際、撮影器具に付着する海藻などはパノラマ合成を阻害する原因となる。これらの影響を考慮した合成手法について検討する。

Panoramic image generation targeting water moving image

YOSHITAKA MINAMI^{†1} MASAHIRO MIGITA^{†2}
MASASHI TODA^{†2}

It is important when creating a panoramic image to abstract invariant features. In this study, we deal with panorama composition targeting water moving image which is comparatively a few invariant features. But, during we panoraming, marine plants which being on photographic equipment disturb it. So, we investigate the method considering these effects.

1. 研究背景

現在 PC で容易にパノラマ画像の作成が可能になってきた。そこで、この技術を海底観察に利用するという考えのもと、この研究を進めていく。しかし、特徴量の少ない海底では撮影時に機材に付いた海藻などが、パノラマ画像を作成する際にノイズとなる。本稿では、例として海底画像の動画を連番画像にし、それを基に巨大なパノラマ画像を作り海底観察に役立てることを目的としている。

本稿ではオプティカルフローを用いたオクルージョンの判定と、それに比較明合成とそれによってできた画像に最近傍補間加えることによって補正した画像によるパノラマ合成方法とその合成画像を紹介し、より海底観察に有効なパノラマ画像作成法を模索していく。

2. 投稿まで

この実験では実験中に Autostitch と SiriusComp というフリーソフトを使用してシミュレーションと実験を行っており、それを基に本稿で提案した手法を組み合わせることにより、パノラマ画像を生成する。

2.1 Autostitch の概要

Autostitch の開発者である、Matthew Brown^[1]によれば、パノラマ画像生成についてはもうすでに様々な幅広い研究文献や市販のアプリケーションがあり、基本的な幾何学的な問題についてはもう解決されている。しかし、2000 年代前半では、ユーザがある程度手動で画像を並び替える操作が必要だったが、Matthew Brown が示している方法ではその初期設定を自動でやってくれる。Autostitch はそのソフトのデモバージョンとして開発されたフリーソフトである。（文献^[2]）

その主な動作説明については第 4 章 4.2 で説明する。

2.2 SiriusComp の概要

SiriusComp とは jpg 形式の画像の比較明合成フリーソフトである。（文献^[3]）特徴としては大量の画像を一括で比較明合成を簡単に行え、同時に avi 形式の動画も作ることができる。動画は全フレームにダーク演算（ノイズ除去）処理を適用・作成することができる。静止画では比較暗合成もすることができる。

また、フリーの RAW 現象ソフト UFRaw と連携することで多くの RAW 形式による処理にも対応している。最近でも頻繁にバージョンアップが行われている。

3. 提案手法

3.1 使用技法

(1) オプティカルフロー

オプティカルフローとは時間的に連続する複数の画像から物体の動きをベクトルで表したものである。本稿でのオプティカルフロー検出には、OpenCV^[4]を使用しており、Lucas-Kanade が提唱した手法^{[5][6]}（勾配法）を用いてオプティカルフローを求めた場合と、Horn-Schunck が提唱した手法^[7]（ブロックマッチング法）を用いてオプティカルフローを求めた場合でそれぞれ値を検出している。勾配法とは、オプティカルフロー拘束式とこれに制約条件を付加することで求められた方程式からオプティカルフローを求める方法である。また、ブロックマッチング法では、画像中のあるブロックが、時間のずれた別の画像をブロック毎に個別に探索することでオプティカルフローを求める方法である。

前者は、計算速度は早いですが、解析ウィンドウ内で急激な輝度の変化や、ノイズの影響を受けやすく、フレーム間のオブジェクトの移動量が多い場合などに大きく誤差を生じるといった問題がある。後者は、ロバストにオプティカルフローを求めることができるが、計算に時間がかかる。また、回転、スケーリングに対するロバスト性が、テンプレートとなる

^{†1} 熊本大学 工学部
Faculty Of Engineering, Kumamoto University

^{†2} 熊本大学 総合情報基盤センター
Center for Multimedia and Information Technologies, Kumamoto University

ブロックのサイズや特徴によって安定しないことがある。
本稿では、

$$avex = \sum |dx| \div (i \times j)(1)$$

$$avey = \sum |dy| \div (i \times j)(2)$$

という数式を用いて 1 フレーム間の平均の移動量を計算している。ここで、 dx は各ピクセルのオプティカルフローの x 成分を示していて、 dy は各ピクセルのオプティカルフローの y 成分を表している。また、 $avex$ 、 $avey$ を求めることによって、1 フレーム間の画像の平均移動量を計算している。

(2) 比較明合成

比較明合成とは複数の画像のピクセル毎の明度を比較して明度が高い方の画素に置き換えて 1 枚の画像にする方法である。[8]

(3) 最近傍補間

最近傍補間法とは最も近い位置にあるピクセルの画素値を参照する方法で、本稿では黒で塗りつぶされた画素から最も近い位置にある黒以外の色情報を持った画素の画素値を補間するために使う。本稿ではこの補間法に距離に重み付けを行った、バイキュービック補間法を用いる。

(4) RANSAC

RANSAC とはパラメータのロバストな推定によく使用される方法である。(参考文献[9]) これを使えば測定値の中で誤差範囲外のものを取り除くことができる。その方法は、与えられたデータからランダムに幾つかのサンプルを抽出し、それを LMS アルゴリズムに当てはめることを繰り返す。そして抽出したサンプルに外れ値が含まれなければより真値に近いと推定し、かつ外れ値の数が全測定数に比べて少なければ推定される誤差範囲内により多くの測定値が含まれとみなす。

これらの作業を繰り返すことにより、最も多くの測定値が範囲内に含まれるときの推定を正しい推定とみなす。これを繰り返すことによって真値を求める。

3.2 アルゴリズム

以下に提案手法のアルゴリズムを示す。

2～6 については Autostitch 内で使用しているプログラムである。

1. カメラの動きとは別の方向に動く、撮影時に撮影機材についた昆布などを取り除いた背景のパラメータを推定する。
2. 取得したパラメータから SIFT 特徴量を求める。
3. RANSAC を使ってマッチングする点を選出し、マッチングする点を抽出する。
4. 求めた点对応から移動量と画像の変形量を算出する。
5. 座標系モデル条でソース画像とターゲット画像を張り合わせる。
6. 自然なパノラマ画像にするため合成処理を行う。

4. シミュレーション

ここでは Autostitch の精度検証とその動作確認を 4.1、4.2 で示す。

4.1 撮影場所

シミュレーション 1 は人が写っていない風景を採用し、シミュレーション 2 については北海道のパノラマ画像を作成しやすいシーンを採用している。また、カメラは市販の物を使用している。

4.2 精度検証

(1) シミュレーション 1



図 1 2 フレームの画像
Figure 1 The images of 2 frames.

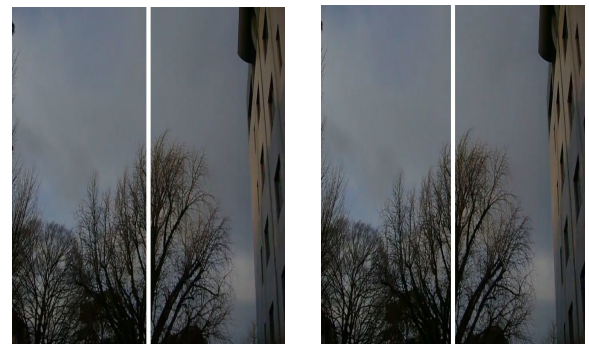


図 2 2 フレームの画像
Figure 2 The images which pulled a white line on the middle of figure 1

図 1 は 1 フレームずれた画像であり、これを図 2 のように画像の中央に幅 10pixel 分の白線（ノイズ）を入れ、白線（ノイズ）を含まないように左側と右側とで画像を切り取る。（ここでは切り取った画像からパノラマ画像作成に十分な重なりを必要とするため 46 枚の画像を用意した）。



図 3 図 1 のパノラマ合成画像
Figure 3 The panorama composition image of figure 1



図 6 図 4 と図 5 を合成したパノラマ画像
Figure 6 The panorama image which composed figure 4 and figure 5



図 4 図 2 の白線の左側だけで
合成したパノラマ画像
Figure 4 The panorama image which I composed only in the left of the white line of figure 2



図 5 図 2 の白線の右側だけで
合成したパノラマ画像
Figure 5 The panorama image which I composed only in the right of the white line of figure 2

ここで、図 3 がもとの画像を Autostitch でパノラマ合成したものである。この画像と切り取った画像が合致するかどうか実際に調べていく。まず、左右の画像を基に、切り取った左の画像は左の画像どうしで、切り取った右の画像は右の画像どうしでパノラマ合成する。

ここで、複数の画像からパノラマ画像を作成する際、RANSAC という方法によって特徴点の選別を行っているが、一度に左右の画像を同時にパノラマ合成しようとする、左右で同じ座標の物体（ここでは木）を見る時の時間的移動量と物体を見たときの視界的な角度の差が出る。つまり、白線ので隠れた部分がそのまま他の部分とは違う時間軸にいて角度も別だと考えられるため、外れ値としてみなされ、除外されてしまうのである。ここでまず左の画像と右の画像を各々分けて一旦パノラマ合成しているのはその為である。そして、左右の画像をパノラマ合成してできたのが、図 6 である。図 5 と図 6 より、図 5 は先程述べた通り白線によって隠れた部分が他の部分に比べて時間的移動量と角度の差で、つなぎ目に差はあるもの、見えている画像中の物体とその位置関係という観点においてほぼ同じ画像であると言える。

ただし今回の結果で、左右同時にパノラマ画像を作成した際パノラマ画像作成に失敗したが、画像のナンバーを読み取る段階で、左の画像をナンバリングしてから右の画像をその続きからナンバリングした時と、左右の画像を交互にナンバリングした時とでは合成画像に差があったため、前者は右の画像だけで合成した時のパノラマ画像ができ、後者では左の画像だけで合成した時のパノラマ画像ができた。合成する画像のナンバリングによる順番によって、合成画像に差ができることがわかった。

(2) シミュレーション 2

下の画像は実際の海底動画の一部を連番画像にしたものである。ここではシミュレーションなので比較的パノラマ画像を作りやすい画像（ノイズの少ない画像）でパノラマ合成してみる。

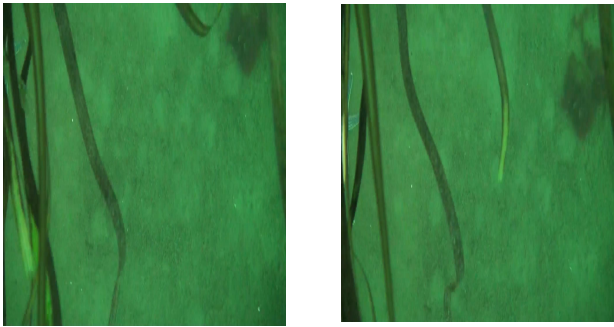


図 7 2 フレームの海底画像
Figure 7 The bottom of the sea images of 2 frames

図 7 は 1 フレームのわかるように, ここでは, 本研究の実験に使用する動画画はすべて縦 (上) 方向に移動しているので, ここでは縦方向のパラメータに対して Autostitch がどのぐらいの精度を誇るかを調べていく.

シミュレーション 1 と同様に今回は 100 枚の連番画像でパノラマ合成をする.

図 8 がその結果である.

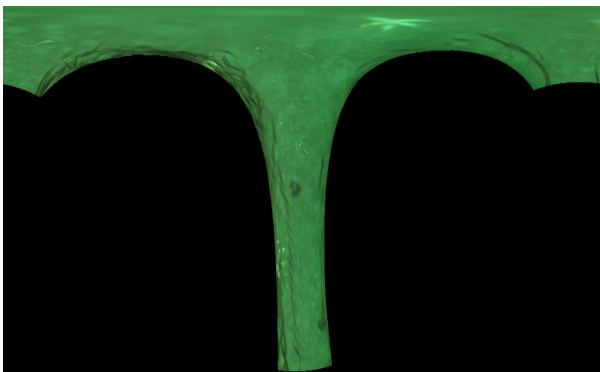


図 8 図 7 のパノラマ合成画像
Figure 8 The panorama composition image of figure 7

ここで, Matthew Brown によると画像が変形しているのは, 縦方向のパラメータなのに Autostitch の機能でカメラの撮影時に立体的にならなくなったり, 波うった画像に, 普通に動画画を撮影した時になってしまうのを防ぐ機能が働いたためである. この機能によって, 作成したパノラマ画像をカメラの水平方向に入力画像の水平成分合わせて人間が見やすいように合わせてくれるのだが, 普段写真を撮影する際, 縦方向に撮影することがないため, カメラの垂直方向に合わせて矯正してくれるように作っていないので, そういう点ではこの実験にあまり向いてないといえる.

そこで, 今回の実験では動画画を全て 90 度傾けた状態にしてパノラマ合成を行う (例図 9) .

ここで例としてここで取り扱った動画画を 90 度傾けてパノラマ合成した画像を図 10 に示す.

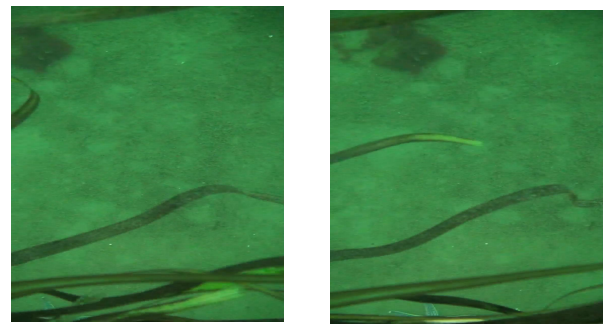


図 9 図 7 を 90 度回転させた画像
Figure 9 The image which turned figure 7 90 degrees

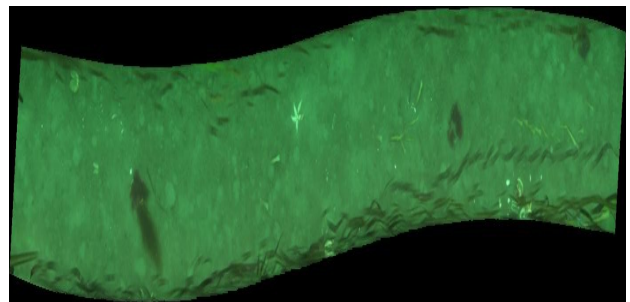


図 10 図 9 のパノラマ合成画像
Figure 10 The panorama composition image of figure 9

図 10 より, 対象物とその位置関係から一見して正確なパノラマ画像ができているとみなした.

5. 実験

5.1 実験 1

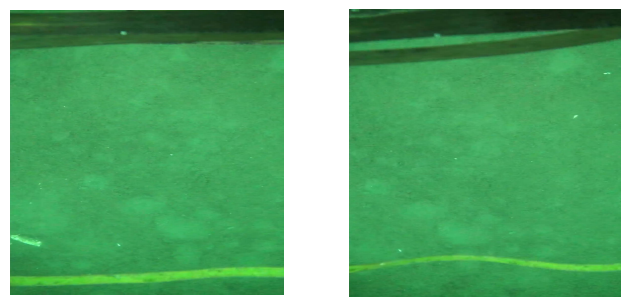


図 11 2 フレームの 90 度回転させた海底画像
Figure 11 The bottom of the sea images which turned 90 degrees of 2 frames

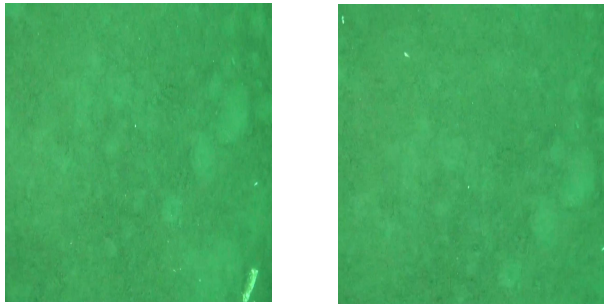


図 12 図 11 から昆布以外の場所を切り取った画像
Figure 12 The images which cut a place except
the kombu out of figure 11

図 11 はシミュレーション 2 とは別のシーンの海底画像である。ここでは、パノラマ合成する際、昆布の上下運動がどの程度問題になっていくかを見ていく。

ここでは比較する為に、図 12 のような画像 30 枚を上下の昆布を手動で切り取った画像（例 図 12）を使って作成したパノラマ画像と比べていく。



図 13 図 11 のパノラマ合成画像
Figure 13 The panorama composition image of figure 11

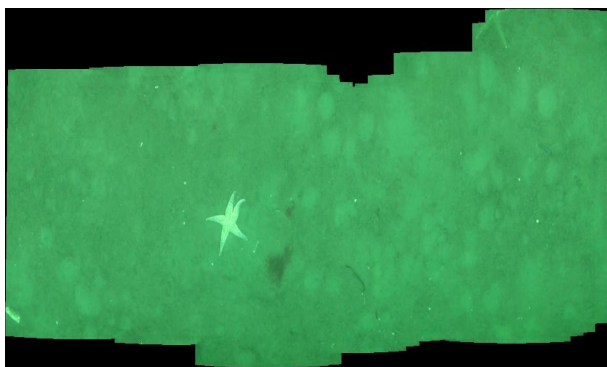


図 14 図 12 のパノラマ合成画像
Figure 14 The panorama composition image of figure 12

ここではベースとなる画像を右向きに 90 度回転した画像を使っている。つまりフレームが進むにつれ、左から右に移動しているパノラマ画像ができる。上の図 13 と図 14 を見比べてわかる通り、トリミングする前の上の画像では昆布の時間的移動量がカメラの進行方向とは別の方向に動いているため、パノラマ画像を作成する際に推定移動量から大幅にずれているため、重なっている部分が外れ値としてみなされ、パノラマ合成が途中で終了している。それと比較して、トリミングした画像を用いてパノラマ合成した方はヒトデの位置とパノラマ画像上の位置関係から比較的正常に動作していると言える。

5.2 実験 2

提案手法をもとに実験 1 とは別の画像を用いて実験の動作とその結果についてここでは述べていく。

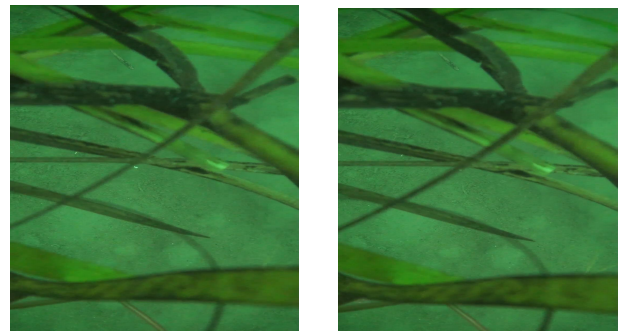


図 15 2 フレームの 90 度回転させた海底画像
Figure 15 The bottom of the sea image
which turned 90 degrees of 2 frames

図 15 はシミュレーションとは別の海底動画の連番画像の一部である。

ここでは 99 枚の画像を使って実験を行った。

この画像を見ても分かる通り、シミュレーション結果のこともふまえると、この画像をそのままパノラマ合成することは不可能であることは言うまでもない。

そこで、この連番画像を切り取りやすいように上下に切り取り、実験 1 のようにトリミングしてパノラマ合成してみた。

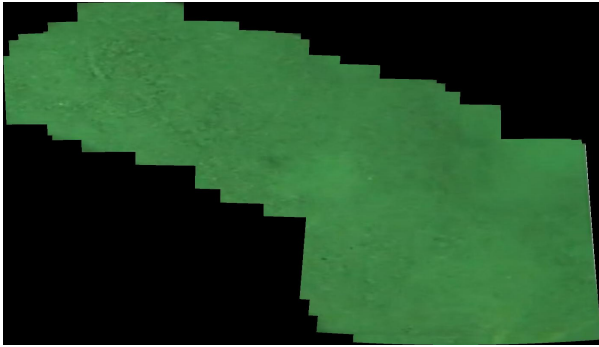


図 16 図 15 の上半分の昆布以外の部分だけを
切り取った画像

Figure 16 The image which cut only a part except the kombu
for the upper half of figure 15

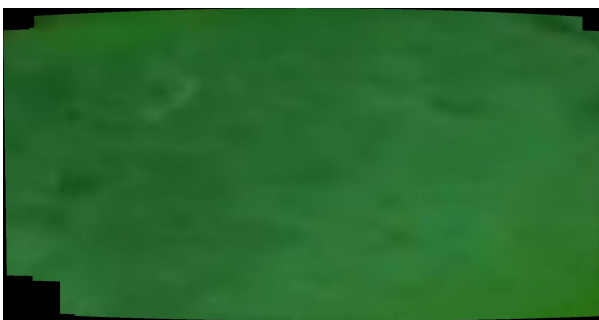


図 17 図 15 の下半分の昆布以外の部分だけを
切り取った画像

Figure 17 The image which cut only a part except the kombu
for the lower half of figure 15

図 16 が画像の下半分, 図 17 が画像の上半分だけでパノラマ画像を作成した時の結果である。
これらを見てもうまくパノラマ合成できているかよくわからない。

6. 実験結果

実験 1 に比べて実験 2 のような画像では手で切り取るのは手間と時間がかかって効率が悪い上に, 結果としていい画像ができなかった。

これからの研究については, 図 15 のような画像から図 14 のようなパノラマ画像を生成する方法について模索していく必要があることがわかった。

7. まとめ

今回の研究を通して, オクルージョンの推定方法について検討することが大事であることがわかった。そこで, 提案する 1 手法としてオブティカルフローを使うことによってオクルージョンを推定する方法を提案する。

具体的には, 画像中のオブジェクトの移動方向ベクトルがカメラの向きとは別の方向のベクトルが大きい部分を黒色のピクセルとして塗り, そうしてできた画像を比較明合成や最近傍補間法などによって色を補間する方法を考えている。

謝辞

本研究において指摘, プログラミングの指導を行ってくれた先生方, 技術職員の方々, 先輩方, 同輩に謹んで感謝の意を表する。

参考文献

- 1) Matthew Brown and David G. Lowe, Automatic Panoramic Image Stitching using Invariant Features, Department of Computer Science, University of British Columbia, Vancouver, Canada, International Journal of Computer Vision, 74, No2, pp.59-73, 2007.
<http://www.cs.bath.ac.uk/brown/autostitch/autostitch.html>
- 2) Richard Szeliski, Image Alignment and Stitching, A Tutorial, Technical Report MSR-TR, 92, (2004).
- 3) 比較明合成フリーソフト SiriusComp
<http://phaku.net/siriuscomp/>
- 4) オプティカルフロー Opencv サンプルコード
http://opencv.jp/sample/optical_flow.html
- 5) Bruce D. Lucas doctoral dissertation, tech. Report, Robotics Institute, Carnegie Mellon University, Generalized Image Matching by the Method of Differences, (1984).
- 6) Bruce D. Lucas Takeo Kanade Computer Science Department Carnegie-Mellon University, An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision, Proc 7th Intl Joint Conf on Artificial Intelligence (IJCAI), Vancouver, British, Columbia, pp.674-679, (1981)
- 7) B.K.P. Horn and B.G. Schunck, Determining optical flow, Artificial Intelligence, vol 17, pp 185-203, (1981).
- 8) 比較明コンポジット合成
<http://www.el-wind.info/lecture/compos03/>
- 9) Martin A. Fischler and Robert C. Bolles, "Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography, Comm. of the ACM 24 (6), pp381-395. (1981)