

K-meansを用いた Area-based マッチングによる視差マップノイズの削除 Noise Elimination in Parallax Map of Stereo Vision Area-Based Matching Using K-means

張 偉† Goutam Chakraborty‡ 馬淵浩司‡ 松原 雅文‡
Wei Zhang Goutam Chakraborty Hiroshi Mabuchi Masafumi Matsuhara

1. まえがき

近年、3D 技術が注目されている。3D 映画のみならず、3D ゲーム機、3D ノートパソコンなどの製品が次々現れている。3D 技術は昔から研究されてきた。その中の代表的な技術で、コンピュータビジョンともいえるステレオビジョンがある。

ステレオビジョンとは、二つのカメラで撮った写真から、距離マップを出力するものである。現在多く利用される赤外線センサーと比べて、ステレオセンサーのほうは、単一箇所ではなく、広い範囲内の物体との距離をすべて測ることができる。これはロボットナビゲーションにとって重要な技術である。3D 物体認識にも、よく利用される。

距離マップとは各距離計算の結果を図として出力するものである。一ヶ所の距離計算は三角測量法[1]で簡単に求められる。しかし、パラメータである視差はうまく求められない。視差というのは、左右画像の対応点の差である。視差を計算するため、まず左右画像の対応点付けが必要である。対応点は物体と環境の影響で、誤対応が多い。対応点付け、つまりマッチング処理で求めた視差マップは大量のノイズが残っている。そのため、ノイズの削除が必要である。

ノイズの削除方法には *meanfilter*、*medfilter*、*wienfilter* などいくつかある。それらは一般的な画像に対して考えられた処理方法のため、視差マップ中のノイズ削除にも応用できる。しかし、視差マップは物体の奥行きにより色付けを行うという特性があるため、その点を利用して、これに特化したノイズ削除手法があると考えられる。そこで、本稿では、視差マップのための新しいノイズ削除方法を提案する。

2. Area-based マッチングの問題点

マッチング処理の手法は多数存在している。よく利用される手法は、全体的にマッチングを行う *Area-based* マッチングである。この手法では、注目点に対する近傍の局所的なパターンに関連値を用いて対応付けを行うことによって視差を取得しているため、密な視差マップが得られる。しかしながら、ステレオ画像において、歪みやオクルージョンが生じることは避けられない。そのため、誤対応が多い。誤対応に対して、さまざまな提案がなされているが、誤対応を生成する原因は単純ではないため、その問題をうまく解決する方法がない。

また、マッチング処理はかなり時間がかかるので、計算のコストを減らす研究もあるが、計算のコストを減らすとノイズが増加する恐れがある。そのため、マッチング処理で求められた視差マップは大量のノイズが残っている。

例として *Area-based* マッチングの中にもっとも利用される *SAD*[2]、*SSD*、*NCC*その三つの手法を利用し、ステレオビジョンの研究用画像 *tsukuba**で実験を行った。結果は図1のようになった。ノイズが大量残っていることが分かる。

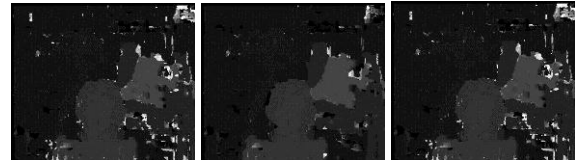


図1 マッチング手法 *SAD*、*SSD*、*NCC* で求めた視差マップ

3. 提案手法

3.1 概要

視差マップを距離により分離することで、集まっているノイズを分離することができる。ノイズの色はランダムに生成されるため、分離した画像の中で孤立した小さいエリアになる。そのような所を検出してノイズとして削除する。

処理の流れは、初めに元画像（視差マップ）を用意し、それを平滑化処理した画像を作成する。次に、奥行を利用して、*K-means*によって元画像を*K*枚の画像に分離する。これらの分離した画像の中でノイズの場所を見つける。最後に、ノイズと判断した箇所と同じ箇所の元画像の値を平滑化処理した画像の同じ箇所の値に更新する。

3.2 平滑化処理

ノイズが見つかったら、そのノイズの部分を正しい値に変更するために、元画像を平滑化処理した画像を用いる。ノイズが一つの画素の場合では、周囲の画素の平均値にすればよいが、ノイズがある範囲内の大きさの場合、その中のノイズの画素の周囲の画素は殆どノイズのため、それらで求めた平均値はあまり参考にはならない。そのため、事前に元画像でそれを平滑化処理した画像を作成する。平滑化処理した画像は、ノイズの大きい部分でも全部周囲の値の平均値にすることができる。平滑化処理の計算式は式(1)のようになる。

$$im(i,j) = \frac{im(i+1,j) + im(i,j+1) + im(i-1,j) + im(i,j-1) + im(i,j)}{4 + 1} \quad (1)$$

式(1)を複数回適用し、図2のような平滑化画像が作られる。

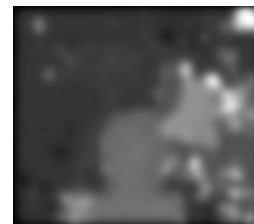


図2 平滑化処理した画像

†岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科

‡岩手県立大学ソフトウェア情報学部

*<http://cat.middlebury.edu/stereo/data.html>

3.3 距離による画像分離

視差マップでは、物体はカメラから離れるほど、その視差の値が小さくなる。つまり、奥行により、画像中の物体は白から黒まで分けられているわけである。一つの物体のすべての点は、カメラからの距離は大体同じである。距離により、視差マップを何枚かに分離することができれば、写真中の物体をそれぞれ分離することができる。その色の値を K-means に使用し、何枚かの画像に分離することができる。マッチング手法 SAD で求めた視差マップは図 3 で、それを K-means で分離すると、分離した画像の一枚は図 4 の画像のようになった。

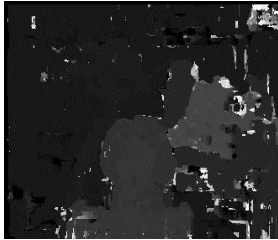


図 3 マッチング手法 SAD で求めた視差マップ

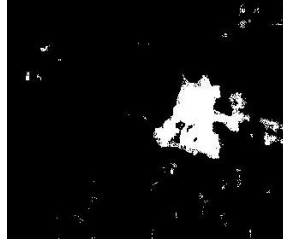


図 4 K-means で分離した画像例

クラスタリングの手法はいくつあるが、視差マップを求めるとは、計算量が多く、応用する際にリアルタイムの環境が必要であり、ノイズ削除には計算のコストをなるべく小さくする必要があるので、ここでは、効率のよいクラスタリング手法である K-means を使う。

3.4 ノイズの検出と削除

距離により画像を分離することで、画像の中のノイズを別々の画像に分けることができる。ノイズの色の値は普通ランダムに生成されるので、分離した画像では独立な点あるいは小さいエリアになってしまう。その独立の点とエリアをノイズとして判断し、削除する。そのため、K の値について、その値が大きいほど、ノイズの削除の強度が強くなるが、鋭い部分を持つ物体の一部がノイズとして誤判断される確率も増える。しかし、普通の画像の中に違う距離に存在するものの数はあまり多くないため、K の値を 10 前後にすればよいと考えられる。

具体的なノイズの検出手法は、まず分離した画像中の画素が連続するエリアを検出する。各エリアに対してその中の画素の数を数える。そして、小さいエリアに所属する画素をノイズと判断する。エリアの大きさの判断基準の閾値は画像のサイズによって決める。ノイズのサイズはあまり大きくないため、あまり大きい値を設定する必要はないと考えられる。閾値は画像のすべて画素の数の 0.1% あたりに設定する。

ノイズと判断するエリアのすべての画素と同じ位置の元画像の値を平滑化処理した画像の値に書き換えることで、ノイズ削除処理を行う。

4. 評価実験

4.1 実験方法

実験データにはステレオビジョン研究用画像 (tsukuba, venus, sawtooth, map, cones) 43 枚を使う。マッチング処理は SAD 手法で、その窓長は 9×9 で、最大視差を 52 に設定する。平滑化処理として式(1)を 200 回適用する。K-means の K は 10 にする。画像のサイズは大体

300*300 であるため、ノイズサイズの閾値を 80 に設定して実験を行う。

4.2 実験結果と考察

実験結果の例は以下のようにになった。図 5 は提案手法で処理した結果であり。図 6 は meanfilter で処理した結果である。

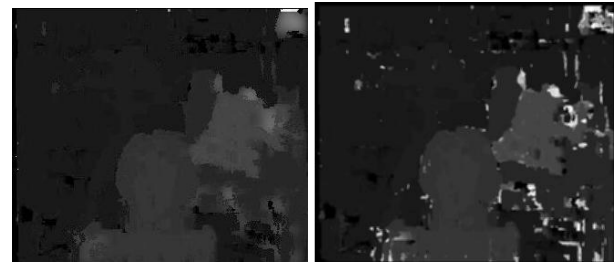


図 5 提案手法

図 6 meanfilter

先行手法に比べると提案手法の計算量は増えるが、提案手法はノイズの検出方法を入れることで、ノイズの箇所だけ削除処理することができる。その部分は元画像の画素の全体の 15% 程度である。それに対して、先行手法は元画像のすべての画素に対して処理するため、距離計算の精度を下げる恐れがある。そのほかに先行手法は、大きいノイズエリアは、削除できない。それに対して、提案手法では、うまく対応できることがわかる。

	先行手法	提案手法
処理した画素	元画像全体の 100%	元画像全体の 15% ぐらい
対応するノイズの大きさ	1 ピクセル	80 ピクセル (場合により変更可能)

表 1 提案手法と先行手法 (meanfilter, medfilter) の比較

5. まとめ

本稿では K-means を使い、視差マップを分離してから、平滑化処理した画像を利用し、ノイズ削除を行うノイズ削除手法を提案した。

本手法は先行手法に比べて、ノイズのある部分だけ削除することが可能であり、大きいノイズにも対応できる利点がある。本稿で、視差マップに対して、その有効性を明らかにした。しかし、計算量が増えることが現在の問題点であり。これを解決することが今後の課題である。

参考文献

- [1] 塩田和希, 福水洋平, 山内寛紀, "ステレオビジョンによるオブジェクトの再構成および距離計測", 電子情報通信学会進学技報 (2011)
- [2] 渡辺郷史, 張山昌論, 亀山充隆, "ステレオ動画像を用いた移動物体抽出とその応用" 学会東北支部, 第 195 回研究集会 (2000)
- [3] 伊藤康一, 高橋徹, 青木孝文, "高精度な画像マッチング手法の検討", 第 25 回信号処理シンポジウム 2010 年 11 月 24 日~26 日 (奈良)
- [4] Edwin Tjandranegara, "Distance Estimation Algorithm for Stereo Pair Images", Electrical and Computer Engineering (2005)