法政大学学術機関リポジトリ
HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2025-07-04

輪郭視差の整合性を考慮したスキャンラインステレオマッチング

KATASE, Yuichi / OGASAWARA, Toyokazu / 岩月, 正見 / 片瀬, 有一 / 小笠原, 豊和 / IWATSUKI, Masami

(出版者 / Publisher)
法政大学計算科学研究センター
(雑誌名 / Journal or Publication Title)
法政大学計算科学研究センター研究報告 / Bulletin of Computational Science Research Center, Hosei University
(巻 / Volume)
14
(開始ページ / Start Page)
33
(終了ページ / End Page)
38
(発行年 / Year)
2001-03-31
(URL)
https://doi.org/10.15002/00024912

輪郭視差の整合性を考慮したスキャンラインステレオマッチング

小笠原　豊和　　片瀬　有一
法政大学大学院工学研究科電気工学専攻

岩月　正見
法政大学工学部電気電子工学科

ステレオ画像をスキャンラインごとに色領域分割して照合する従来手法では，同じ色の領域が多く存在する部分では誤対応が多く，正確な三次元構造が復元できない場合がある．そこで，本論文では，画像全体での色領域分割結果とスキャンラインごとの対応点探索結果から，境界上の対応点が最大の領域を選ぶことにより，正確な対応領域を決定し，誤対応を修正できる手法を提案する．

1．はじめに

コンピュータビジョン研究において，ステレオビジョンによる三次元構造の復元の手法に関する研究は，比較的古くから行われており，特に，注目点に対する近傍の局所的なパターンの相関値を用いて対応付けを行うarea-based matching[1]による手法は，数多く提案されている．area-based matching に基づくステレオ視の大きな特長は，密な視差マップが得られるということである．しかし，画像中に繰り返しパターンが存在するような場合，一意に対応付けすることができず，視差を決定できないという大きな問題点がある．この問題に対して，平行ステレオ画像をスキャンラインごとに色領域分割して照合していくことにより，ロバストな対応付けを行う新しいステレオマッチングの手法が提案されている［2］．しかしながら，画像中に同一色の領域が多く存在する部分では誤対応が多く，正確な三次元構造が復元できない場合がある．そこで，本論文では，画像全体での色領域分割結果とスキャンラインごとの対応点探索結果から，境界上の対応点が最大の領域を選ぶことにより，正確な対応領域を決定し，誤対応を修正できる手法を提案する．さらに得られた領域輪郭に対して，折れ線近似を施すことによって，少ない特徴点で領域輪郭の三次元形状を正確に復元することができる．

2．色領域分割

平行ステレオ画像に対して，その色領域分割画像を求めるまでの処理の流れを以下に示す．

Step 1:　SUSAN 平滑化フィルタ[3]を用いて雑音を除去する．

Step 2:　色空間をコンピュータ上のカラー画像フレームメモリとして一般に使われる *RGB* 系から，明度変化に対して，色相や彩度が不変である *L*a*b** 表色系へと変換する．

Step 3:　非階層的クラスタリング（ISODATA 法）[4]を用いて左右画像を 1 つの分割対象画像とし，画像全体で色領域分割を行う．これにより，2 視点での撮像のタイミングのずれによる画像特性の違いを吸収できる．

Step 4:　色領域に分割された画像は，同じ色である 2 つの領域が，画像中で離れて存在していても 1 つの領域として扱われてしまうので，ラベリング処理を行うことにより，これらの領域を連結成分ごとに分離する．

3．対応点探索

本手法は，左右のライン画像から色領域の境界をそれぞれ抽出し，境界の左右領域の色情報をもとに以下で説明する対応表[2]を作成し，対応点を決定している得られた対応点から視差情報を取得することで，物体の三次元形状の復元を行う．

色領域分割した結果が図 1 のような平行ステレオ画像を例にとり，領域境界の対応表の作成手順について説明する．画像中の第 i 番目のスキャンライン上では，図 2 のような 5 つの色領域に分割されていたとする．ただし，A, B, C はそれぞれの領域の色を，1, 2, 3, 4 は領域の境界を表現している．次に，左画像のある境界の両側の色に対して，右画像でそれぞれの境界の両側とも色が一致すればそのマスを塗りつぶし，右側のみ一致すれば右下向きの三角形，左側のみ一致すれば左上向きの三角形，両側とも一致しない場合は空欄として，図 3 のような対応表を作成する．図 1 のようにシーン中にオクルージョンやノイズがまったく存在しなければ，図 3 のように行列の対角線方向の要素が連続して両側対応となることは明らかである．また，オクルージョンやノイズは画像中の一部にしか存在しないと仮定すれば，ほとんどの領域で対角線方向に両側対応が連続していることになる．したがって，カラー領域の境界の対応が最大となるように対応境界を選択することが自然であり，これにより繰り返しパターンが存在するような場合でも誤対応を軽減することができる．そこで，単に両側対応が連続する最長の対角線方向の要素をもつ部分を抽出することにより，対応境界を決定する．

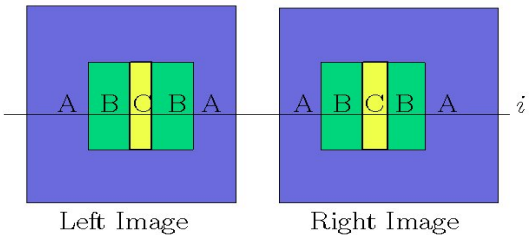


図 1.　平行ステレオ画像

図 2.　スキャンライン *i* での色領域分割結果

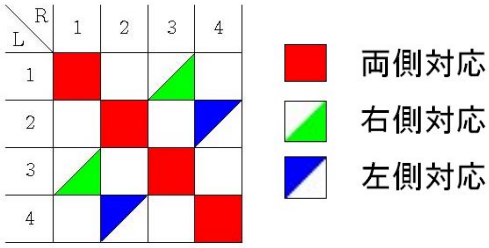


図 3.　対応表

4．対応領域の決定と誤対応の修正

本手法では画像を二次元的に色領域分割したあと，ラベリング処理によって連結成分ごとに分離している．したがって，一度すべてのスキャンラインに対して，前節までに述べた手法によって対応を決定したあとに，その対応結果から領域ごとの対応を決定することが可能である．これにより，誤対応の修正や，ノイズや画像の垂直方向のずれによる異常な視差の修正を行うことができる．

4.1．対応領域の決定

前章で述べた手法を用いれば，繰り返しパターンに対して誤対応の少ない対応境界を決定できるが，色領域分割などの影響により，同じ色の領域が多数存在する部分では，誤対応が多く，正確な三次元構造を復元できない可能性がある．そこで，領域分割によって連結成分ごとに分離されている領域境界の対応の数を調べ，最も多く対応がとられている境界同士を対応領域として採用することにより，誤対応となっている対応境界を検出することができる．

まず，前章で述べた手法を用いて，すべてのスキャンラインについて対応点探索を行う．その後，ラベリング処理された画像中における各ラベル番号の領域の輪郭上で対応境界の数を求める．誤対応の境界は正しい対応の境界に比べて少数である，という仮定にもとづき，最も多く対応がとられている境界同士を対応領域として採用する．

例えば，図 4 のように，左右画像に対応境界が得られたとする．ここで画像中の A～E は同じ色の領域である．表 1 に示すように各領域境界上の対応の数を調べると，左画像の領域 A と右画像の領域 D が最も対応の数が多いので，領域 A，D を対応領域として採用する．

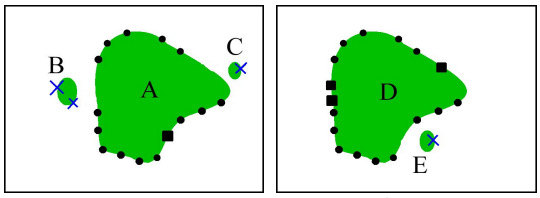


図 4.　対応領域の決定

表 1.　各領域境界上の対応点数

領域 (左画像)	対応点数	領域 (右画像)	対応点数
A	15	D	17
B	2	E	1
C	1		

4.2．誤対応の修正

前節で述べたように対応領域を決めることができれば，それ以外の領域境界上の対応点はすべて誤対応として判定される．そこで，図 5 に示すように誤対応と判定された領域 B，C，E 上の対応境界は対応領域境界上の最も近い距離の点に修正する．

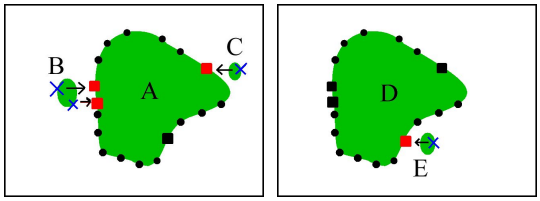


図 5.　誤対応の修正

さらに，領域輪郭上のある対応境界の視差がその前後の視差と大きく異なっていることはほとんどありえない．そこで，図 6 に示すように得られた対応境界の視差について注目する対応境界とその前後の対応境界の視差のメディアン値に修正することにより，異常な奥行き値をもたない領域輪郭を得ることができる．

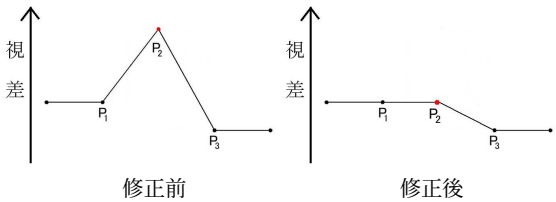


図 6.　メディアンフィルタによる視差の修正

5．折れ線による領域輪郭の近似

前章までで得られた領域輪郭に対して，画像の水平軸，垂直軸および左右画像間の視差の三次元で折れ線近似[5]することにより，少ない特徴点で領域輪郭の三次元構造

を正確に復元することができる．

5.1．折れ線候補の抽出

最初に，図 7 のように得られた領域輪郭について,次に示す手順で近似する折れ線候補を抽出する．

Step 1: 領域輪郭上の任意の点 A と最も長い距離の輪郭上の点を線分 a で結び，2 つに分割する．

Step 2: 分割された領域境界について,線分 a との距離が最長の点を探し，得られた点と領域境界の始点と終点とを結ぶ線分 b, c, d, e を引き，図 8 のように二分木を作成する．

Step 3: Step 2 を繰り返し行い，領域境界と線分との距離があるしきい値 T 以下になるまで行う．描かれた線分はすべて近似する折れ線の候補となる．

5.2．折れ線近似

前節で得られた折れ線候補に対して，次に示す評価式を用いて折れ線近似することにより，領域輪郭を少ない特徴点で正確に復元することができる．

$$r = D / L \qquad (1)$$

ここで，D は領域輪郭と線分との距離，L は線分の長さである．(1)式において，D が小さいほど領域輪郭と折れ線との距離が小さく，また，L が大きいほど折れ線を長くすることができるため，(1)式の値が小さいほど近似する折れ線として最適であるといえる．処理手順を次に示す．

Step 1: １つ目の二分木において，最下層の線分 f, g について(1)式を計算する．

Step 2: １つ上の階層である線分 b について(1)式を計算し，f, g の計算結果のうち小さい方と比較し，大きい方の階層を候補からはずす．c, h, i についても同様の処理を行う．

Step 3: さらに上の階層 a について(1)式を計算し，Step 2 と同様の処理を行い，計算結果の小さい方を近似する最適な折れ線として採用する．もう一方の二分木についても同様に処理を行う．

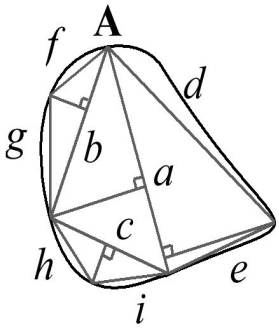


図 7. 領域輪郭と折れ線候補

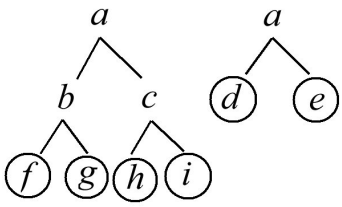


図 8. 二分木

6．実験結果

本実験ではロボットマニピュレータ上にカラーCCD カメラを搭載し,ステレオ画像を取得した.CCD カメラは,あらかじめ正確にキャリブレーションされていて，左右画像のエピポーラ線が同一スキャンラインとなるように平行化されている[6].

6.1．誤対応の修正なしと修正ありとの比較

図 8 に示す平行ステレオ画像に対して，スキャンラインごとに色領域分割を行い，一度だけ対応点探索を行ったとき(従来手法)と本手法を適用したときの復元結果を図 9 と図 10 に示す．ここで，色領域分割のしきい値は 22 で行った．この図から，本手法を適用した方が誤対応が少ないことがわかる．

本手法では，色領域分割の影響により，画像中の小領域が多い部分や，人間の顔など，色領域分割結果が一様な領域になるようなシーンに対して，三次元構造を正確に復元するのは難しい．しかしながら，人工的な環境で作業するロボットの視覚として考えた場合，本手法は十分有効であると思われる．

左画像　　右画像

図 8. 平行化画像

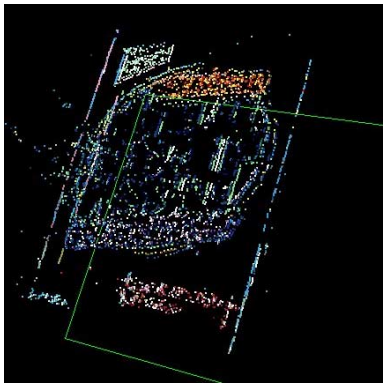


図 9.　復元結果（従来手法，対応点数: 5379）

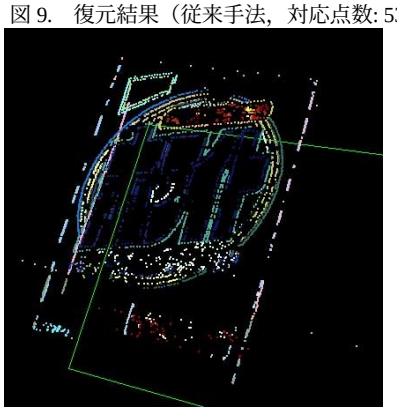


図 10.　復元結果（本手法，対応点数: 6274）

6.2．領域輪郭の折れ線近似

次に，図 11 に示すような平行ステレオ画像について，本手法を用いて対応点探索を行い，得られた領域輪郭に対して，折れ線近似のしきい値 T を変えて折れ線近似を行った結果を図 12～図 15 に示す．図 12 から T の値が大きいほど，特徴点数を減らすことができるが，復元精度は悪くなるのがわかる．特徴点数と復元性の両方を考慮すると，T=0.6 前後のときに最適な折れ線近似が行われているのがわかる．

左画像　　右画像

図 11.　平行ステレオ画像

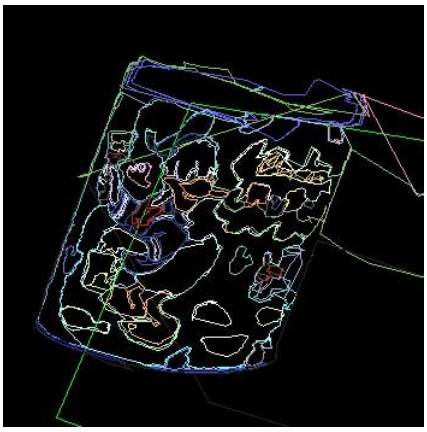


図 12.　復元結果（折れ線近似なし，対応点数:7123）

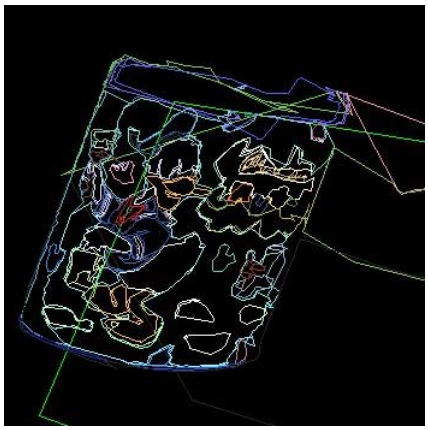


図 13.　復元結果（T ＝0.3，近似点数: 4870）

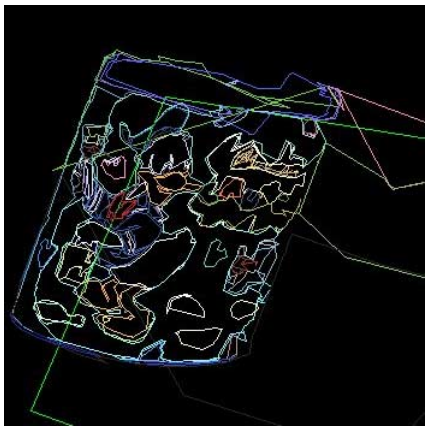


図 14.　復元結果（T ＝0.6，近似点数: 3287）

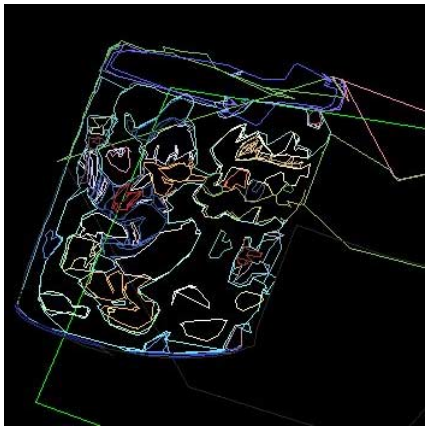
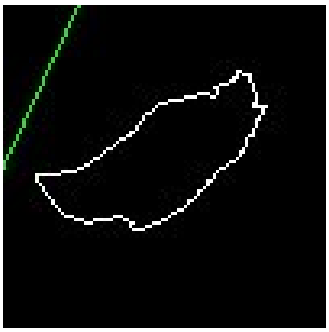
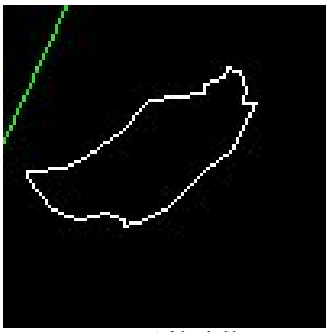


図 15.　復元結果（T ＝1.0，近似点数: 2559）

さらに，図 16 に示すように一部分を拡大してみると，少ない特徴点で領域輪郭の三次元形状が正確に復元されており，折れ線近似が有効であることがわかる．



(a) 折れ線近似なし (対応点数: 99)



(b) T = 0.6 (近似点数: 24)

図 16.　ドナルドダックの尻の部分の復元結果

7．おわりに

本論文では，画像全体での色領域分割結果と対応点探索結果から，境界上の対応点が最大の領域を選ぶことにより，対応領域を決定し，誤対応の修正ができることを示した．また，折れ線近似を行い,少ない特徴点で正確に領域輪郭の三次元構造を復元できることを示した．今後の課題として，得られた領域輪郭に対してドロネー分割を行い，物体の三次元構造を三角形ポリゴンを用いて面として復元することを目指す.

参考文献

[1] 松山隆司，久野義徳，井宮淳 “コンピュータビジョン，”新技術コミュニケーションズ, pp.123-137, 1998.

[2] 岩月正見，北川大二，河野祐輔 “スキャンラインごとの色領域分割を用いたステレオマッチング，” 計測自動制御学会論文集，Vol.36，No.11，pp.1037-1043，2000.

[3] S.M.Smith and J.M.Brady, ”SUSAN – A New Approach to Low Level Image Processing,” Int. Journal of Computer Vision, Vol.23, No.1, pp.45-78, May 1997.

[4] 田村，“コンピュータ画像処理入門，”総研出版，pp.153-160, 1984.

[5] Paul L.Rosin and A.W.West, “Nonparametric Segmentation of Curves into Various Representations” IEEE Trans. on PAMI, Vol.17, No.12, pp.1140-1153, 1995

[6] 徐剛，辻三郎，“3 次元ビジョン”，第 7 章，共立出版，pp.95-110，1998

キーワード.

ステレオビジョン、スキャンライン、対応点探索、色領域分割、領域輪郭、折れ線近似

Summary.

Fault Correspondence Detection by Consistency of Disparity of Region Contours on Scanline Stereo Matching

Toyokazu Ogasawara Yuichi Katase
Division of Engineering, Graduate School, Hosei University

Masami Iwatsuki
Department of Electrical and Electronic Engineering, Hosei University

We proposed a new robust method of stereo matching using coarse to fine hierarchical color segmentation of each scanline in stereo images. However, it is difficult to remove fault correspondences in the case of that similar sequences of color segments exist in multiple in the proposed method. Therefore, this paper proposes an approach to detect and modify fault correspondences by taking into account of consistency of disparity of region contours.

Keywords.

stereo vision, scanline, corresponding point search, color segmentation, region contour, line segmentation