

視差解析画像を用いたステレオマッチング

Research on Stereo Matching with Parallax-Image

井田 智† 糸井 清晃† 小林 幸雄†
Satoshi Ida Kiyooki Itoi Yukio Kobayashi

1. まえがき

二次元画像から、元の三次元形状を復元するための手法の一つにステレオ画像法がある。この手法ではステレオ画像間の対応点マッチングが問題点となっている。これまでも数多くの研究がなされている中で、エピポーラ線上では対応点の順序が変わらないという制約条件を設ける、動的計画法が有力な方法とされている。しかし、この手法ではステレオ画像間のマッチングにおける、オクルージョンや順序逆転といった問題に対応することができない。ここでは、この問題を解決し正しい対応付けを行う方法として視差解析法を用いたステレオマッチング法を提案する。

2. 提案法

2.1 視差解析法

動的計画法の問題点の解決法として、画像から区間切り出しとその対応付けを行う手法を、視差解析法として提案する。視差解析法は、ステレオ画像から図 2.1.1(A)のような濃度値変化をもったエピポーラ線を検出したとき、横軸に右画像、縦軸に左画像をとり、両エピポーラ線間における全ての画素の組み合わせに対して、次の比較式を用いて濃度値 S_{ij} を求める。この計算により、図 2.1.1 に示す画像が得られる。このとき図中で白く表示されているほど対応する画素の濃度値の差が少ないことを示している。

$$S_{ij(R)} = 255 - |V_{Lj(R)} - V_{Ri(R)}|$$

$$S_{ij(G)} = 255 - |V_{Lj(G)} - V_{Ri(G)}|$$

$$S_{ij(B)} = 255 - |V_{Lj(B)} - V_{Ri(B)}|$$

$S_{ij(\text{plane})}$: 視差解析画像中の座標 (i, j) における画像の濃度値

$V_{Lj(\text{plane})}$: 左画像のエピポーラ線上における j 番目の画素の濃度値

$V_{Ri(\text{plane})}$: 右画像のエピポーラ線上における i 番目の画素の濃度値

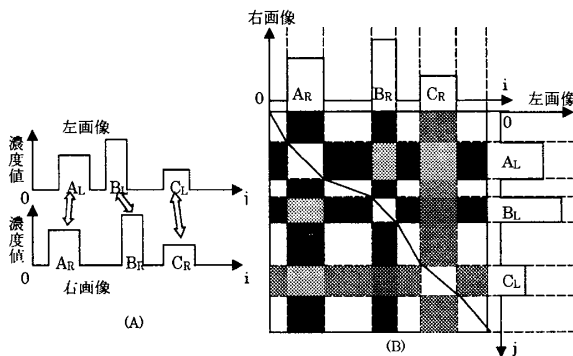


図 2.1.1. 視差解析画像の作成

つまり、明るい矩形を検出することによってエピポーラ線上から対応する区間同士の対応付けを行うことができる。図 2.1.1 の視差解析画像から正しい対応付けが行われている矩形を、図 2.1.1(B)に直線で示した。この対応付けは、対応した矩形の濃度値のみではなく、以下に挙げる特徴を考慮している。

1. 正しく対応している矩形は高濃度である。
2. ステレオ画像は、同一シーンを撮影したものであるので、画像中の物体の幅に大きな違いは無い。そのため、対応した矩形は正方形に近くなる。
3. 一方のエピポーラ線上での物体の座標は、他方のエピポーラ線上においても大きく変化しない。そのため、対応した矩形は視差解析画像の対角線に近い座標に存在する。
3. 正しく対応がとれた矩形の存在する行・列には他の対応を示す矩形は存在しない。

オクルージョンにより、見えない部分がある場合は、図 2.1.2 のように対応している矩形のつながりが途切れる。また、順序逆転が発生している場合にも、図 2.1.3 に示すとおり矩形の移動という形で、正しく対応付けをすることができる。

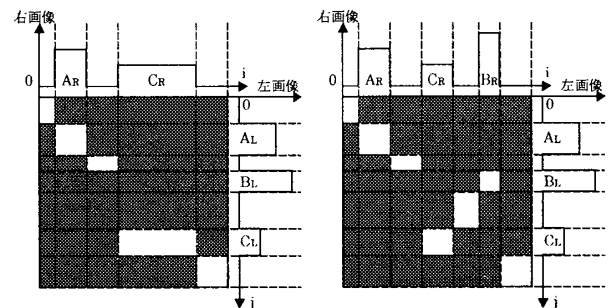


図 2.1.2. オクルージョン

図 2.1.3. 順序逆転

2.2 エピポーラ線区間分割

視差解析法では、エピポーラ線を濃度値により区間に分割する必要がある。本論では、以下の方法を用いた。

1. 1画素からなる区間を作る
2. 隣り合う画素との色の差が閾値以下の時は、隣り合う画素を区間に結合させる
3. 隣り合う画素との色の差が閾値以上の時は、隣り合う画素を新しい区間とする

色の差にはユークリッド距離を用いた。(式 2.2.1) 区間分割の例を図 2.2.2 に示す。

$$E = \sqrt{(A_{V_k(R)} - V_{j(R)})^2 + (A_{V_k(G)} - V_{j(B)})^2 + (A_{V_k(B)} - V_{j(B)})^2} \quad (2.2.1)$$

E : ユークリッド距離
 $V_{j(plane)}$: エピポーラ線上における j 番目の画素の濃度値
 $A_{V_k(plane)}$: k 番目の矩形の平均濃度値

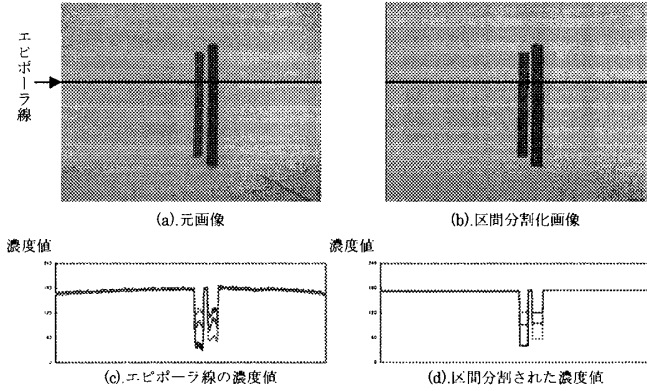


図 2.2.2. エピポーラ線の区間分割

2.3 三角測量

三角測量の原理を用いて、左カメラから対応点までの距離を求める。対応点を X_L, X_R とした場合、距離 d_L は式 (2.3.2) で求めることが出来る。

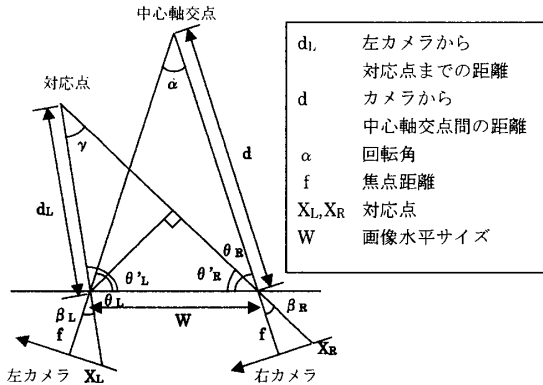


図 2.3.1. 三角測量

$$d_L = \left(2d \sin \frac{\alpha}{2} \right) \frac{\sin \left(\left(90 - \frac{\alpha}{2} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{X_R - \frac{W-1}{2}}{f} \right) \right)}{\sin \left(\alpha - \tan^{-1} \left(\frac{W-1 - X_L}{f} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{X_R - \frac{W-1}{2}}{f} \right) \right)} \quad (2.3.2)$$

3. 結果

図 3.1 に 2 つのシーンに対する実験結果を示した。Scene1 は、オクルージョン・順序逆転の発生していない CG によるステレオ画像である。Scene2 は、実写画像で順序逆転の発生している画像である。

距離画像は、近いところほど白く表示している。Scene1 のステレオ画像の場合は正しく対応付けができ、距離画像

を作成することに成功した。Scene2 のステレオ画像では、物体の前後関係を正しく計測できているが、誤対応が起きている部分がある。

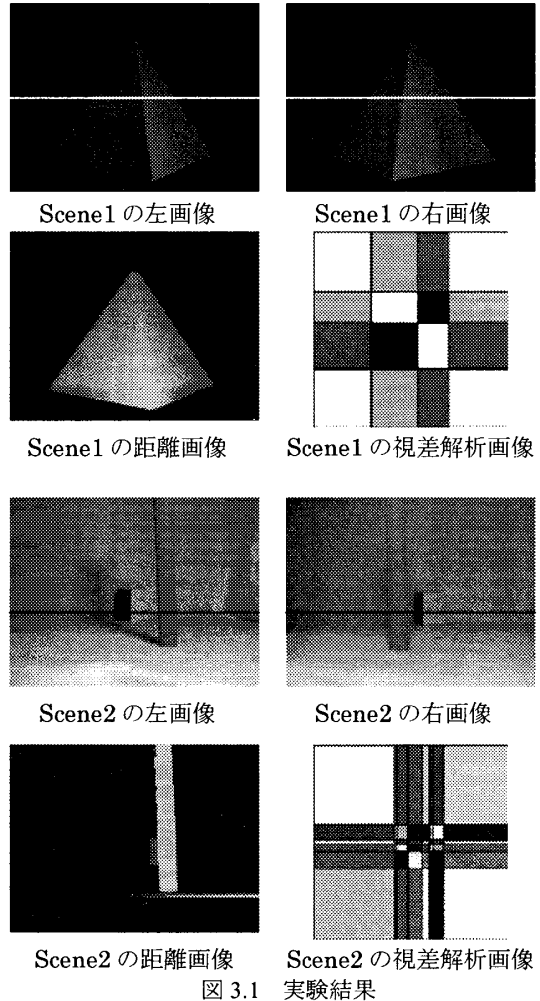


図 3.1 実験結果

4. まとめ

視差解析画像を用いたステレオマッチングにより、オクルージョンや順序逆転などの問題を検出し、正しい対応付けができることを確認できた。複雑な実写画像における誤対応をなくし、正しい対応付けができるようにすることが今後の課題である。

参考文献

- [1]. 加藤直樹：視差解析法と動的計画法を用いたステレオマッチング，千葉工業大学 修士論文 2003
- [2]. 大田友一，正井康之，池田克夫：動的計画法によるステレオ画像の区間対応法，電子通信学会論文誌，Vol.J68-D No.4
- [3]. 江尻正員，太田友一，池内克史：マシンビジョン，昭晃堂，1990