

1 はじめに

自律走行車における道路領域と障害物の判別やロボットの視覚による姿勢推定などに利用が可能な、ステレオ画像を用いた空間中の平面領域を抽出する手法を提案する。従来の手法ではカメラと対象平面との幾何学的関係をあらかじめ記述しておく必要があることが多く、その関係の変化に対応しにくいことなどの問題があったが [2]、本手法では、対象平面をステレオ画像間の射影変換行列として表現するため、カメラと平面の位置関係を記述する必要がない。また、時系列情報の利用により射影変換行列自体を随時更新していくため、柔軟でロバストな手法であるといえる。

2 手法概要

本手法の平面抽出処理の流れを図 1 に示す。

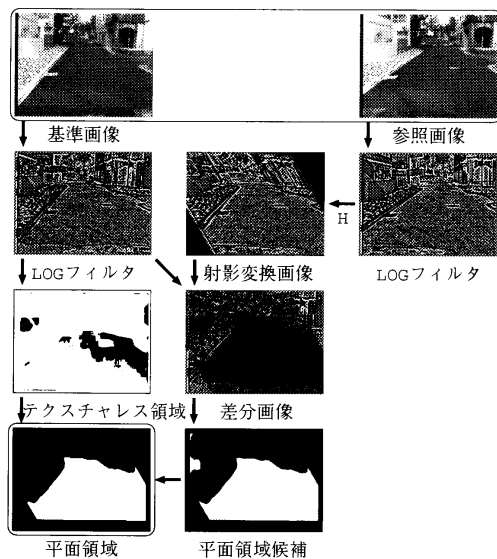


図 1: 処理の流れ

2.1 LOG フィルタ処理

左右カメラでの絞りの違いなどによる画像間の明度差を吸収するため、空間領域でのバンドパスフィルタとして、画像に LOG フィルタをかける。フィルタ処理後の画像は後で述べるエッジ抽出にも利用する。

2.2 射影変換行列の推定

対象とする平面についての、参照画像 I_r から基準画像 I_b への射影変換行列を H とする。

画素値を比較し、評価関数 $e(H)$ を最小にする H を決定する (1)。ここでは Shum らの手法 [1] を利用した。

$$e(H) = \sum_{\mathbf{x} \in R} \{I_r(H^{-1}\mathbf{x}) - I_b(\mathbf{x})\}^2 \quad (1)$$

ウィンドウ R は、重ね合わせを計算する領域を限定するもので、ここでは対象とする平面領域であり、 I_b 上に適当に設定する。

H は完全に画像のみから求めることができ、カメラキャリブレーションは必要ない。

2.3 射影変換行列による平面領域抽出

I_r を H によって射影変換した画像 I_r' と I_b を比較したとき、空間中で H の対象とする平面上にある点は画像上の位置が一致するが、平面上にない点は射影変換によりエピポーラ線に沿って移動しており、位置がずれる (図 2)。このことから、 I_r' と I_b でちょうど重なる領域を選び出すことで、 I_b のうち H が対象とする平面領域を抽出できる。

ある点 \mathbf{x} が I_r' と I_b で重なっているかどうかは、 \mathbf{x} の近傍 (ウィンドウ W) で濃度値の差分の平均をとり、閾値処理を施すことで判定する (2)。

$$D(\mathbf{x}) = \frac{1}{S_W} \sum_{\mathbf{d} \in W} |I_r'(\mathbf{x} + \mathbf{d}) - I_b(\mathbf{x} + \mathbf{d})| \quad (2)$$

(S_W : W の面積)

2.4 テクスチャレス領域

テクスチャレスな領域内では、射影変換を施しても濃度値の変化がないので $D(\mathbf{x})$ が小さくなり、平

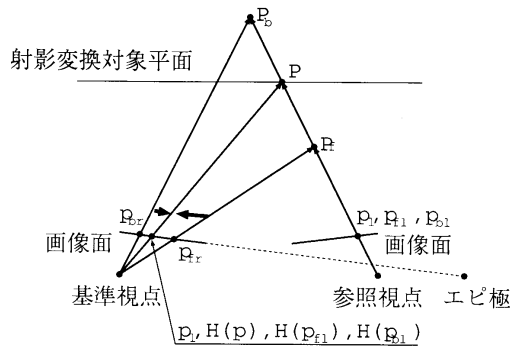


図 2: 対象平面上にない点の射影変換による移動

面以外の部分を平面であると誤って判定してしまうことがある。そのため、推定された平面領域候補からテクスチャレスな非平面領域を取り除く。

エッジ抽出処理によりテクスチャレスな領域を判別し、セグメンテーションを行う。あるテクスチャレスなセグメント内に、 $e(H)$ により非平面領域と判定される部分が含まれるときは、そのセグメント全体を一括して非平面領域とすることでテクスチャレスな障害物を除く。

3 時系列処理アルゴリズム

サンプリング間隔の十分小さい連続画像間では、左右カメラ間の射影変換行列および平面領域の変化が微小であることを仮定し、時系列連続処理を行う。

繰り返しによる最小化演算によって求める H の初期値として前時刻の H を使用し、その際に必要となるウィンドウ R として前時刻の平面領域を使用することで連続処理が可能になり、処理速度も向上した。また、各時刻においての H と R は前時刻の情報も反映するため、画像毎に単独で求めるよりも安定性が増し、ロバストな手法になった。

時系列ステレオ画像上の平面領域を以下の手順で連続抽出する。

1. 初期値として $H_{t=0}$ を設定
2. 画像に LOG フィルタ処理
3. 参照画像を H_t により射影変換
4. $D(x)$ の閾値により平面領域候補を決定
5. 平面領域候補からテクスチャレスな障害物を除去し、平面領域 R_t 推定
6. R_t について $e(H_{t+1})$ を最小化し、 H_{t+1} 推定
7. 時刻をすすめ ($t = t + 1$)、2にもどる

4 実験結果

自動車に搭載したカメラで撮影した時系列ステレオ画像による実験結果を図 3 に示す。道路を平面であると仮定し、道路領域を抽出した。

道路のテクスチャの変化、カメラの前後左右への移動、道路の起伏に柔軟に対応し、2000 枚程度の時系列ステレオ画像に対して、安定して連続処理を行うことができた。

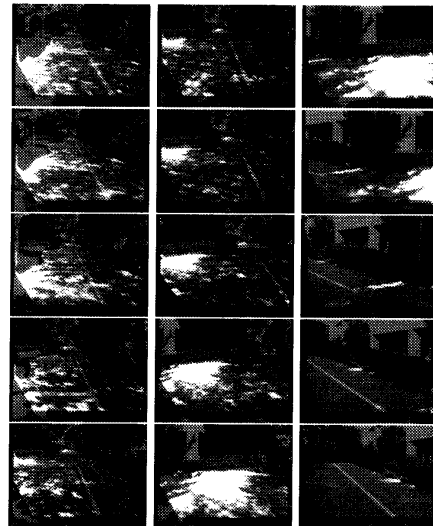


図 3: 道路領域判定結果 (左上から右下へ)

5 おわりに

カメラキャリブレーションが不要で、平面と視点の位置関係の変化に柔軟に対応する平面領域抽出手法を提案した。現在手動で与えている初期値設定部分の自動化および処理速度の向上を今後の課題とし、自律走行車システムへの搭載を目標としている。

謝辞

時系列ステレオ画像の撮影に協力いただいた東工大奥富研究室の中島健介氏、大木貴氏に感謝します。

参考文献

- [1] Heung-Yeung Shum and Richard Szeliski. Panoramic image mosaics. *Microsoft Research*, 1997.
- [2] Todd Williamson and Charles Thrope. A specialized multibaseline stereo technique for obstacle detection. In *CVPR*, pp. 238–244, 1998.