

線分ベース SLAM のための高速 3 次元線分抽出手法

白田 稔宏[†] 秋山 隼哉^{††} 堀 俊彦[†] 安部 拓也^{†††} 渡邊 孝信^{††}
 高森 哲弥^{††††} 野中 俊一郎^{††††} 苅部 樹彦^{††††}

[†] 早稲田大学大学院基幹理工学研究所
^{†††} 早稲田大学基幹理工学部

^{††} 早稲田大学大学院先進理工学研究所
^{††††} 富士フイルム株式会社

1. はじめに

画像中の線分情報を用いた線分ベースSLAMは、テクスチャの少ない環境下で安定的に動作するとして注目されている。既存手法の中には、Microsoft 社の Kinect が取得した RGB-D 画像に対し LSD を用い、3次元線分を抽出する方法[2]があるが、奥行き情報の誤差除去や LSD の実行に多くの計算時間を要するという問題がある。本稿では独自の高速線分抽出手法 OPLSD(One Pass Line Segment Detector)[1]と粗密探索法を用い、ステレオ画像から 3 次元線分を高速抽出する手法を提案する。

2. 提案手法の概要

提案手法では、まず OPLSD を用いてステレオ画像のうち片方の画像中の 2 次元線分を抽出する。OPLSD では Canny エッジのラベリングを行うことにより、線分の端点の 2 次元座標 $(x_s, y_s), (x_e, y_e)$ を抽出する(図 1(a))。次に抽出された線分の 3 次元位置を求める。まず粗密探索法により線分上の画素の対応点をもう一方の画像から探索する。この処理により、線分上のいくつかの点で視差 $d_n (n = 1, 2, \dots, N)$ が求まる(図 1(b))。ここで線分上の画素位置と視差は比例関係にあると考えられるため、 N 個の視差値を用いて画素位置-視差直線が計算できる(図 1(c))。最後に、この直線を用いて端点の視差 d_s, d_e を決定する(図 1(d))。以上の処理で得られた d_s, d_e と $(x_s, y_s), (x_e, y_e)$ を式(1)に適用することで、線分の端点の 3 次元座標 $(X_s, Y_s, Z_s), (X_e, Y_e, Z_e)$ が求まる。

$$(X, Y, Z) = (bx/d, by/d, bf/d) \quad (1)$$

(f :焦点距離 b :カメラ間隔)

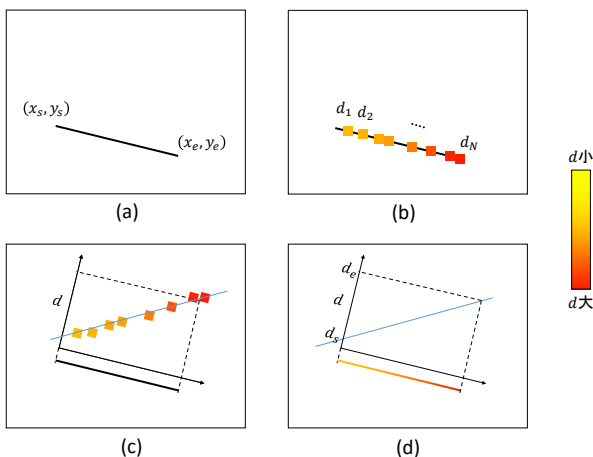


図 1. 3 次元線分の抽出

3. 提案手法の実施結果

図 2 に提案手法の実施結果画像を示す。図 2(a)は入力のスレオ画像のうち左の画像であり、図 2(b)の出力画像は図 2(a)から抽出された線分のうち視差が得られたものを表示した画像である。線分の色は 2 端点の視差 d_s, d_e の平均値の大小を表している。視差の取得精度の評価のために、図 2(a)に示す点 $P_1 \sim P_8$ の視差の正解値を手作業で求め、取得された視差値との誤差を計算した。表 1 に示すように、ほとんどの点で誤差が 10%未満という高い精度の視差が得られた。

次に、 640×480 pixels のステレオ動画像に提案手法を実施した際の処理時間を計測した。1000frame の平均処理時間は 7.9ms であり、これはリアルタイム処理の指標である 33ms の 4 倍以上の高速処理である。

なお、本実験は Intel Core i7-3537U 2.00GHz プロセッサの環境で実施した。

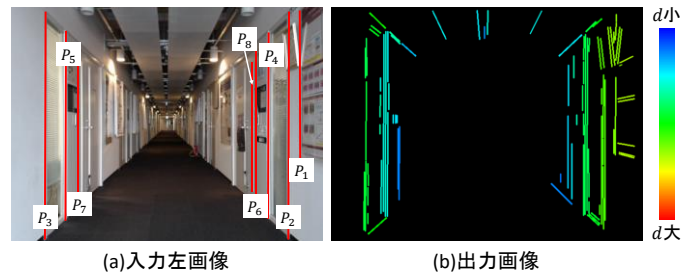


図 2. 提案手法の実施結果

表 1. 視差取得精度の評価実験結果

点	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
正解視差値 pixels	28.1	25.0	20.5	19.3	15.9	13.9	12.0	14.5
取得視差値 pixels	28.4	24.9	20.1	19.5	15.9	15.9	13.3	14.5
誤差 %	-1.1	0.4	2.3	-1.0	-0.2	-14	-12	-0.0

4. まとめ

提案手法では OPLSD と粗密探索法により平均処理時間 7.9ms の高速 3 次元線分抽出を実現した。また、視差の取得も高い精度で行えることが確認できた。今後は提案手法の線分ベース SLAM への応用を目指す。

参考文献

- [1] 清水嘉泰他, “フレームバッファの不要な 1-pass 線分抽出法”, IEICE 総合大会, 2014
- [2] 中山祐介他, “カメラ位置姿勢推定のための RGB-D カメラを用いた 3 次元線分モデル生成法”, 映像情報メディア学会, 2015