

距離画像と SURF 特徴による 3 次元空間モデルの生成手法

1 はじめに

周囲の環境を認識する研究として、レーザ式測域センサや画像処理の SIFT 特徴を用いて 2 次元平面の地図を生成する手法が報告されている [1]。この 2 次元平面地図では壁や柱などの位置などは把握できるが、空間の立体的な構造や色彩情報などは把握できない。

そこで本論文では距離画像と SURF (Speeded Up Robust Features) 特徴を用いて色彩情報を含む 3 次元空間モデルを生成する手法を提案する。この手法ではまず、カメラからの入力画像 (カメラ画像) においてフレーム間での SURF による特徴点マッチングと、その特徴点の距離情報からカメラの姿勢を推定する。そして、推定されたカメラの姿勢と距離画像に基づいてカメラ画像を 3 次元空間にテクスチャとしてマッピングし、空間の立体的な構造や色彩情報を含む 3 次元空間モデルを生成するものである。

2 距離画像と SURF 特徴による 3 次元空間モデルの生成手法

カメラ画像を 3 次元空間上にマッピングするためには、カメラの姿勢を推定する必要がある。任意の時刻 t でのカメラの姿勢は、時刻 t でのカメラ画像内の特徴点 $S_{n(t)}$ と時刻 $t-1$ における同一の特徴点 $S_{n(t-1)}$ の 3 次元座標 $I_{n(t-1)}$ を 6 点以上推定することで求められる。そのため、時刻 $t-1$ と時刻 t でのカメラ画像に対して SURF 特徴によるマッチングを行い、それぞれの画像において同一点となる特徴点 $S_{n(t)}$ と $S_{n(t-1)}$ を推定する。そして、時刻 $t-1$ での特徴点 $S_{n(t-1)}$ に対応する 3 次元座標 $I_{n(t-1)}$ を距離画像から求めることで、時刻 t でのカメラ画像の特徴点 $S_{n(t)}$ に対応する時刻 $t-1$ での 3 次元座標 $I_{n(t-1)}$ が推定される。ただし、カメラ画像と距離画像は予めキャリブレーションを行い、カメラ画像における任意の点の 3 次元座標を距離画像から取得できるものとする。この推定された特徴点 $S_{n(t)}$ と $I_{n(t-1)}$ の対応関係から線形近似によって、時刻 $t-1$ から時刻 t へのカメラの姿勢変化を求め、時刻 t でのカメラの姿勢を推定する。また、時刻 t でのカメラの姿勢は 3×3 の回転行列 \mathbf{R} と、 3×1 の並進行列 \mathbf{T} を結合した 3×4 の行列となる外部パラメータ $[\mathbf{R}_t | \mathbf{T}_t]$ として表現される。

次に、推定されたカメラの姿勢によりカメラ画像を 3 次元空間にテクスチャとしてマッピングする。まず、距離画像 $D(t)(x, y, z)$ を次式によって 3 次元空間 $\mathbf{W}[X_w, Y_w, Z_w]^T$ へ射影する。

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} = [\mathbf{R}_t | \mathbf{T}_t] \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

距離画像 $D(t)$ において隣接する画素が同一面上に存在する場合には、その 3 次元的な距離が小さくなる。そのため、距離画像に対しラスタ走査を行い、隣接する近傍 4 点の距離を求め、この求められた距離が予め定めたいきい値以内であれば、その 4 点は同一面上に存在するものとする。そして、この 4 点によって構成される平面にカメラ画像をテクスチャとして貼り付けることで、3 次元空間に面を構成していく。これにより、カメラを実環境内で移動させていくことで、実環境の色彩情報を含む 3 次元空間モデルが生成される。

3 3 次元空間モデルの生成実験

本手法の有効性を示すために 3 次元空間モデルの生成実験を行った。実験は屋内の環境を対象とし、自然光・蛍光灯下の照明条件で行った。また、カメラ画像と距離画像の入力には Kinect センサ (Microsoft Kinect for Xbox) を用いた。

Kinect センサは手持ちによって移動させ、3 次元空間モデルの生成を行った。図 1 に生成された 3 次元空間モデルを示す。

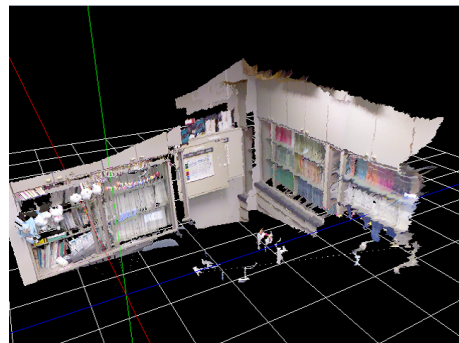


図 1: 生成された 3 次元空間モデル

図より、屋内環境において実環境が 3 次元空間にマッピングされ、色彩情報を含む 3 次元空間モデルが生成がされていることが分かる。このことから、本手法の有効性が示された。

4 おわりに

本論文では、距離画像と SURF 特徴を用いることで 3 次元空間モデルを生成する手法を提案した。さらに、本手法を用いて 3 次元空間モデルの生成実験を行った。その結果、カメラの入力画像を 3 次元空間にテクスチャとしてマッピングした色彩情報を含む 3 次元空間モデルが生成され、本手法の有効性が示された。

参考文献

- [1] 北島 健太, 三浦 純, 佐竹 純二: “見え情報と距離情報を用いた移動ロボットの地図生成と位置推定,” in Proceedings of the 2011 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, 1P1-M01, May 2011.