

画像変換による全天球カメラ映像の LSD-SLAM への適用と点群合成 Application of Omnidirectional Video to LSD-SLAM by Image Conversion and Alignment

加藤裕也[†] 原潤一^{‡§} 渡辺裕^{†‡}
Yuya KATO[†] Junichi HARA^{‡§} Hiroshi WATANABE^{†‡}

[†] 早稲田大学大学院基幹理工学研究所 [‡] 早稲田大学国際情報通信センター [§] 株式会社リコー
[†] Graduate School of Fundamental Science and Engineering, Waseda University
[‡] Global Information and Telecommunication Institute, Waseda University
[§] RICOH Company, LTD

1. まえがき

近年、自動車やロボットの自動運転が注目されている。ロボットの自動運転に必要な技術として自己位置推定と環境地図の作成があり、カメラ 1 台で取得した映像からこれらを同時に行う手法として LSD-SLAM[1]がある。LSD-SLAM は輝度勾配を利用した SLAM であるため、密な点群を取得できるが、カメラの回転運動に脆弱であり 3 次元再構成が破綻してしまうという欠点を持つ。

遮蔽物が多く死角となる領域の多い屋内環境において 1 台のカメラでは回転運動を行わずに環境全体の点群を取得することは困難である。カメラの回転運動を行わず環境全体の点群を取得するためには互いに異なる方向を向いた複数台のカメラで撮影した映像から点群を取得し合成する必要がある。

本稿では画角が 360° ある全天球カメラで撮影した映像を分割することで異なる方向を向いた複数の映像を取得する。また、それらの映像を LSD-SLAM に入力して取得した点群を合成することで 1 台のカメラ映像から屋内環境全体の点群を取得する手法を提案する。

2. 従来手法

魚眼カメラの映像を LSD-SLAM に適用する研究として David Caruso らの研究[2]が挙げられる。David Caruso らの研究では LSD-SLAM のカメラモデルをピンホールカメラモデルから魚眼カメラ用のモデルに変更することで魚眼カメラ映像の LSD-SLAM への適用を可能としている。しかし、全天球カメラ映像を LSD-SLAM に適用する研究は行われておらずカメラの回転運動に対する脆弱性も解決されていない。

3. 提案手法

3.1 画像分割

LSD-SLAM のカメラモデルはピンホールカメラモデルであるため全天球カメラで撮影した映像を入力すると自己位置推定と環境地図の作成が破綻してしまう。そのため、画像を分割してから入力する必要がある。

はじめに全天球カメラで撮影した映像をその動画のフレームレートに従って画像に分割する。次

に取得した各画像に対しキューブマッピングを施し、図 1 に示すように 1 枚の入力画像から 6 枚の画像を取得する。この 6 枚の画像は画角が 90° であり、それぞれ隣の画像に対し撮影方向が 90° ずれている。本手法では入手した 6 枚の画像のうちカメラ正面、右面および左面の計 3 枚の画像を用いる。撮影者が映り込んだ面は 3 次元再構成に適さない。また、床方向および天井方向を撮影した面は屋内環境全体が映り込まないため、屋内環境の点群の取得には適さない。以上のことから点群の取得に適した 3 枚の画像を LSD-SLAM に入力し点群を取得する。

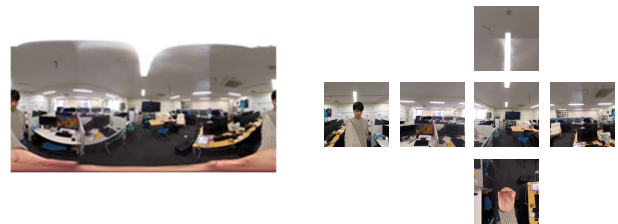


図1. 全天球画像の分割

3.2 点群合成

取得した 3 つの点群を合成する。LSD-SLAM ではスケールが点群により異なるため点群の方向とスケールを一致させ ICP アルゴリズム[3]により点群の合成を行う。

分割した全天球画像の左面、正面、右面はそれぞれ撮影方向が 90° ずれているため取得された点群も向きが 90° ずれている。そのため、右方向の点群を y 軸まわりに 90°、左方向の点群を y 軸まわりに -90° 回転させ向きを補正し、それぞれの点群から共通の範囲を切り出す。この取得した点群を用いて点群を合成するための回転行列を求める。

点群のスケールを一致させる。はじめに正面方向、右方向、左方向の各点群に対し x 軸方向の最大値と最小値の差および z 軸方向の最大値と最小値の差を求める。各点群の y 軸方向にはノイズが出やすいためスケール合わせには用いない。正面方向の点群を基準とし右方向の点群に対し x 軸方向および z 軸方向のサイズの比を求め平均を取ることによって点群の拡大倍率を求める。左方向の点群に

対しても同様の処理を行い，拡大倍率を求める．求めた倍率を用いて右方向の点群および左方向の点群のスケールを正面方向の点群に一致させる．

最後に方向とスケールを合わせた点群同士を正面方向の点群を基準として ICP アルゴリズムにより合成し右方向の点群および左方向の点群の回転行列を取得する．求めた回転行列を，共通領域を切り出す以前の点群に適用することで点群を合成する．

4. 実験結果

4.1 取得点群

全天球画像の取得には Ricoh Theta V を用いた．図 2 に計測対象の形状を示す．回転行列を求める際にノイズフィルタをかけた点群を用いて計算したものとノイズフィルタをかけずに計算した2種類を用いる．合成した点群を部屋の天井方向から見たものを図 3，図 4 に示す．表 1 にノイズフィルタの探索半径を示す．図 2，図 3 および図 4 を見ると部屋の形状が再現できていることがわかる．

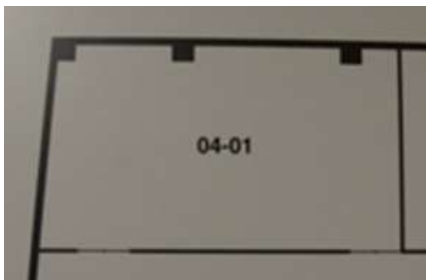


図 2. 計測対象

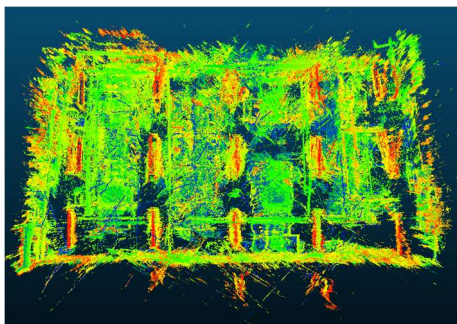


図 3. 取得点群（ノイズフィルタ非適用）

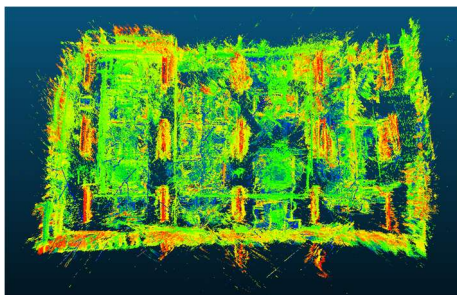


図 4. 取得点群（ノイズフィルタ適用）

表 1. ノイズフィルタの探索半径

点群	半径
正面	0.005
右方向	0.012
左方向	0.0045

4.2 評価

計測した空間の天井から 80cm から 82cm の範囲の点群を xz 平面上にプロットし，正面方向，右方向および左方向の点群に対して，最小 2 乗法を用いて壁面の傾きを求めた．共通する壁面を構成する 2 直線のなす角を表 2 に示す．

表 2. 正面方向の点群の壁面と成す角

点群	ノイズフィルタ	角度[°]
右方向	なし	16.162
右方向	あり	16.121
左方向	なし	2.2726
左方向	あり	2.2450

表 2 より右方向の点群，左方向の点群はともにノイズフィルタをかけて回転行列を求めた方が正面方向の点群の壁面と成す角が小さくなり精度が高くなったといえる．

5. むすび

本論文では全天球カメラで撮影した映像に分割処理を施すことで，カメラを回転させることなく撮影した動画から屋内環境全体の点群を取得できることを示した．また，点群の向きとスケールを一致させることによって ICP アルゴリズムを用いて点群を合成できることを示した．本手法では点群の共通部分の切り出しを手動で行い，そのサイズをもとにスケール変換を行うため，スケールの精度は点群の切り出しの精度に依存する．点群の直線検出などを用いることで点群の共通領域の切り出しや方向を自動で合わせることができると考えられる．

6. 参考文献

- [1]. J. Engel, T. Schöps, and D. Cremers, "LSD-SLAM: Large-Scale Direct Monocular SLAM," In European Conference on Computer Vision (ECCV), Zurich, Switzerland, September 2014, pp. 834–849.
- [2]. D. Caruso, J. Engel, and D. Cremers, "Large-Scale Direct SLAM for Omnidirectional Cameras," International Conference on Intelligent Robot Systems (IROS), Hamburg, Germany, pp. 141–148, Oct. 2015.
- [3]. S. Rusinkiewicz and M. Levoy, Efficient variants of the ICP algorithm. Proc. 3DIM, 2001