

# ステレオカメラと LiDAR を用いた 3 次元空間の生成に関する研究

塚田義典<sup>†</sup> 梅原喜政<sup>‡</sup> 中原匡哉<sup>‡</sup> 田中成典<sup>††</sup> 窪田諭<sup>‡‡</sup> 飯田拓馬<sup>††</sup>

摂南大学経営学部<sup>†</sup> 関西大学先端科学技術推進機構<sup>‡</sup>

関西大学総合情報学部<sup>††</sup> 関西大学環境都市工学部<sup>‡‡</sup>

## 1. はじめに

我が国では、高度経済成長期に建設された社会インフラの老朽化に対応するため、インフラメンテナンス国民会議[1]が発足された。この会議では、カメラやレーザスキャナなどの計測機器で取得した点群データを活用し、建造物の検査[1]を効率的に行うことを目指している。特に、道路分野では MMS (Mobile Mapping System) が導入[2]され、道路構造物の健全度評価に効果的であることがわかっている。しかし、MMS は車両が進入できない場所や衛星測位が困難な場所では地物を正確に計測できない。そのため、これらの場所でも利用可能な可搬型レーザスキャナの開発が進められている。そこで、本研究では、既存の可搬型レーザスキャナを調査し、想定される利用場面ごとの機器の選択や計測方法を明らかにするために、計測機器とその特性をまとめる。

## 2. 研究の概要

既存の可搬型レーザスキャナの利用形態の調査結果を表 1 に示す。利用場面としては、屋内の広域と狭域、屋外の道路、橋梁と河川に区別する。

まず、GNSS を搭載している機器として、Leica 社のレーザスキャナがある。本機器は、GNSS (Global Navigation Satellite System) の測位結果と 3 次元計測機器の計測データに SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) を適用して得られた自己位置推定結果を併用し、3 次元計測機器を垂直と水平方向に設置している。そのため、屋内外のいずれの利用場面においても 3 次元空間を隈なく計測できる。しかし、価格が

表 1 既存の可搬型レーザスキャナの調査結果

社名	機器名	計測方法	屋内		屋外		
			広域	狭域	道路	橋梁	河川
Leica	Pegasus Backpack	バックパック	○	○	○	○	○
GEXCEL	HERON AC-2	バックパック	△	×	△	×	△
Kaarta	Stencil2	ハンディ	○	×	△	×	△
PARACOSM	PX-80		○	×	△	×	△
Geo-SLAM	ZEB-HORIZON		○	×	△	×	△
NavVis	NavVisM6	手押しカート	○	△	△	○	△
Applanix	TIMMS	手押しカート	○	△	△	○	△

【凡例】○：適用可，△：条件付で適用可，×：適用不可

3,000 万円以上と非常に高額である。一方、Leica 社以外の機器は GNSS を搭載しておらず、SLAM を用いて自己位置を推定している。そのため、広い領域を計測する場合、Loop Closing 処理が必要となり計測作業に制約が生じる。

次に、計測方法として、バックパック型では、バックパック本体に 3 次元計測機器が水平に設置されており、ハンディ型では、水平に持ちながら計測することを想定している。これらの機器は、取り回しが容易で屋内外の壁面や地面を計測し易いが、一方で、LiDAR (Light Detection and Ranging) を垂直に傾けて計測することが困難なため、狭域の屋内天井や橋梁下部の計測に適用できない。さらに、手押しカート型では、センサ機器を搭載したカートを移動しながら計測するので、この機器は、広域な屋内や屋外で利用できるが、階段などの狭域での計測が難しい。

以上のことから、全ての場面で利用するためには、GNSS と SLAM の自己位置推定結果を併用すること、計測機器が安価であること、水平と垂直方向を同時に計測できることが必要である。特に、GNSS と SLAM を併用するには、既存の計測機器と SLAM の特性及び適用限界を把握する必要がある。そこで、ステレオカメラと LiDAR による SLAM の自己位置推定の精度検証を行う。また、既存の可搬型レーザスキャナで計測が困難な屋内の狭域と橋梁下部を想定した場所で 3 次元データ計測を行い、計測条件や環境ごとの機器の特性を明らかにする。

Research Concerning Generating Three-Dimensional Space Using Stereo Camera and LiDAR

<sup>†</sup> Yoshinori Tsukada

Faculty of Business and Administration, Setsunan University

<sup>‡</sup> Yoshimasa Umehara and Masaya Nakahara

Organization for Research and Development of Innovative Science and Technology, Kansai University

<sup>††</sup> Shigenori Tanaka and Takuma Iida

Faculty of Informatics, Kansai University

<sup>‡‡</sup> Satoshi Kubota

Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University

### 3. 実証実験

本実験では、図 1 に示す LiDAR とステレオカメラを搭載したモバイルセンシングユニットを試作し、3次元形状を計測する。計測対象は、屋外の橋梁下部を想定した渡り廊下下部と屋内の狭小箇所を想定した廊下の2箇所とする。

#### 3.1 実験内容

本実験では、カメラ映像を用いる Visual SLAM の自己位置推定結果で LiDAR の計測データを補正した点群データと、LiDAR の計測データを LiDAR SLAM[3]で補正した点群データを作成する。そして、補正した点群データを二点間距離と壁面の点群データのばらつきで評価検証する。試作機による計測では、両機器の計測開始時刻を同期させるため、一定時間静止させた後に付近の壁面に対して平行かつ水平に移動して計測する。最確値は、地上設置型レーザスキャナで計測した点群データとする。

#### 3.2 結果と考察

渡り廊下下部の計測結果を図 2、屋内の廊下の計測結果を図 3 に示す。まず、図 2 の壁面に隣接する2つの柱間の距離を確認すると、最確値では 11.234m、LiDAR SLAM では 11.241m となり、最確値との差が 0.007m となった。また、凹凸のない同一壁面を計測した点群データのばらつきが RMS (Root Mean Square) 値で 0.018m となった。LiDAR のカタログ精度が標準偏差 0.030m であるため、カタログ精度の範囲で計測できたと考えられる。一方、図 2 の Visual SLAM の可視化では、壁面に大きなブレが発生し、計測結果を正しく評価できなかった。これは、ノイズとなり得る地物の特徴を捉えてしまったことにより、誤った自己位置を推定したためである。

次に、図 3 の LiDAR SLAM では、壁面や床面にブレが発生し、廊下に設置されているゴミ箱が 10.289m の間で点群データとして表示された。これは、屋内の廊下は類似する形状が連続する上、立体的な特徴物が少ないため、LiDAR SLAM により自己位置を正確に算出できなかったことに起因している。一方、図 3 の Visual SLAM の可視化結果を確認すると、LiDAR SLAM よりも壁面やゴミ箱のブレが少ない傾向が見られた。また、壁面からゴミ箱までの距離を確認すると、最確値では 15.787m、Visual SLAM では 15.560m となり、最確値との差が 0.227m となった。これは、屋内の狭い廊下のような場所では、ノイズとなり得る特徴が屋外よりも少なく、正確に自己位置を推定できたためと考えられる。

以上のことから GNSS を利用できない場所では、計測範囲内にある特徴物の数に応じて自己

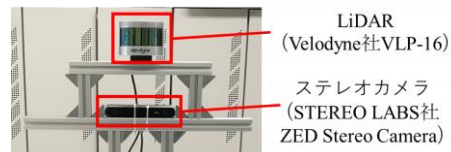


図 1 試作したモバイルセンシングユニット

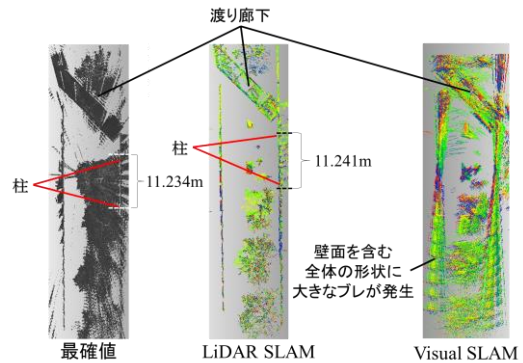


図 2 下から見た可視化結果 (渡り廊下下部)

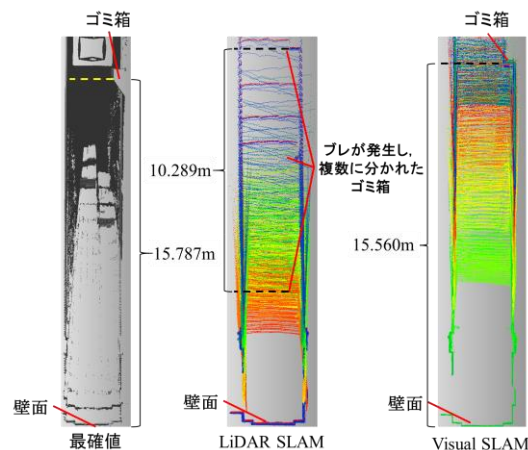


図 3 上から見た可視化結果 (屋内・廊下)

位置推定に利用する機器をステレオカメラと LiDAR で切り替える必要があると考えられる。

### 4. おわりに

本研究では、既存の可搬型レーザスキャナの課題を整理し、Visual SLAM と LiDAR SLAM の自己位置推定の精度を検証した。今後は、計測範囲の特徴物の種別や量に応じて自己位置推定に利用する機器を切り替える手法を検討する。

#### 参考文献

- [1] 国土交通省：地方自治体の取り組み支援とインフラメンテナンス国民会議、<[https://www.jst.go.jp/sip/event/k07/pdf/event20190124\\_2-3.pdf](https://www.jst.go.jp/sip/event/k07/pdf/event20190124_2-3.pdf)>, (入手 2020.8.4) .
- [2] 国土交通省：車両搭載センシング技術を活用した道路基盤地図データの収集実験の開始について、<<https://www.mlit.go.jp/common/001157623.pdf>>, (入手 2020.11.10) .
- [3] Zhang, J. and Singh, S.: LOAM: Lidar Odometry and Mapping in Real-time, *Robotics Science and Systems Conference, Robotics Science and Systems*, 2014.