

# ジンバル LiDAR と非同期多方向カメラを用いた

## 月面測量のための高密度点群生成

### Dense Point Cloud Generation for Lunar Surveying

#### by Gimbal LiDAR and Asynchronous Multidirectional Cameras

重藤李佳子\* 中川雅史\* 北村啓太郎\*\* 滝川正則\*\* 小林泰三\*\*\*  
Rikako Shigefuji Masafumi Nakagawa Keitaro Kitamura Masanori Takigawa Taizo Kobayashi

\*芝浦工業大学 \*\*アジア航測 \*\*\*立命館大学  
\*Shibaura Institute of Technology \*\*Asia Air Survey CO., Ltd. \*\*\*Ritsumeikan University

## 1. はじめに

月面における拠点建設では、輸送コストを考慮すると手戻りをなくすことが望ましく、そのためには、施工のデジタルツインの適用が必要である。画像特徴や形状特徴が乏しく、かつ非 GNSS 環境である月面では従来型の Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) や Mobile mapping system による計測は難しい。そこで標識設置型 LiDAR-SLAM による測量手法を検討した。本研究では、Attitude heading reference system (AHRS) と組み合わせた LiDAR、もしくは、3 軸ジンバルに搭載した LiDAR (ジンバル LiDAR) と、非同期・多方向カメラを組み合わせる。

## 2. 手法

本研究での提案手法を図 1 に示す。LiDAR 点群の取得。LiDAR 点群からの標識位置抽出、SfM/MVS 処理、LiDAR と SfM 点群のレジストレーションで構成される。

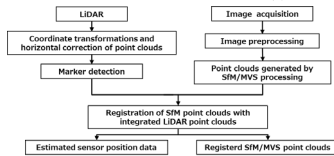


図 1. 提案手法

## 3. 実験

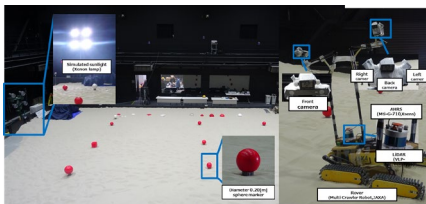


図 2. 月面模擬環境, 計測プラットフォーム



図 3. 模擬地盤環境, 計測プラットフォーム

月面模擬環境 (図 2) と模擬地盤環境 (図 3) で実験を行った。月面模擬環境 (JAXA 相模原キャンパス) は、珪

砂で月レゴリスを再現し、自律移動ロボット (Multi Crawler Robot, JAXA) をローバとして用い、LiDAR (VLP32-C, Velodyne) と AHRS (MTi-G-710, Xsens)、カメラ (DSC-RX0M2, SONY) をローバに搭載し、計測した。また、模擬地盤環境 (立命館大学びわこくさつキャンパス) は黒色の土質・地盤調査のための実験場で、ローバにはジンバル搭載 LiDAR (VLP16, Velodyne) と、1.0 型 CMOS センサを搭載した産業用カメラ (DFK33UX264, The Imaging Source) を搭載し計測を行った。

## 4. 結果

月面模擬環境での実験結果を図 4、および、表 1 に、模擬地盤実験での実験結果を図 5 に示す。

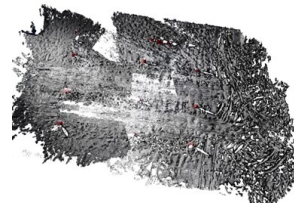


図 4. 月面模擬環境 SfM 結果

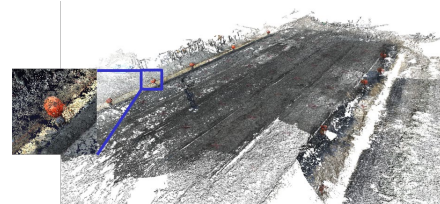


図 5. 模擬地盤環境 SfM 結果

表 1. 月面模擬環境での SfM 点群レジストレーション結果

The number of split faces	Point cloud density [points/m <sup>3</sup> ]	Error values (RMSE) (m)
900	$7.65 \times 10^2$	0.023
100	$0.962 \times 10^2$	0.027
29	$0.509 \times 10^2$	0.031
25	$0.286 \times 10^2$	N/A

## 5. まとめ

本研究では、LiDAR と多方向カメラを用いた地形測量手法として、LiDAR-SfM/MVS を検討した。月面のような劣悪な計測環境であっても、AHRS を組み合わせた LiDAR、もしくは、3 軸ジンバルに搭載した LiDAR からの計測と多方向カメラからの撮影で、黒色や白色の地表面でも点群取得が可能であることを確認した。今後は、センサシステムの宇宙仕様化を検討している。

謝辞：国土交通省および文部科学省スターダストプログラム (宇宙開発利用加速化戦略プログラム) における「月面の 3 次元地質地盤図を作成するための測量・地盤調査法」に関する研究の一部です。