

全変動正則化に基づくチャープ振幅変調位相シフト法の性能向上 とその3D スキャナへの応用

Performance Improvement of Chirped Amplitude Modulation Phase Shift Method Based on Total Variation Regularization and Application to its 3D Scanner

東大先端研¹ ○ 陳 瑞彦¹、張 哲元¹、白畑 卓磨¹、セツ ジイヨン¹、山下 真司¹

RCAST, The University of Tokyo¹, ○ Ruiyan Chen¹, Zheyuan Zhang¹, Takuma Shirahata¹,
Sze Yun Set¹, Shinji Yamashita¹

E-mail: chenruiyan@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

近年、LiDAR システムは自動運転や工業計測の分野で注目され、研究開発が加速している。従来の LiDAR システムには主に飛行時間法、強度変調方式や周波数変調方式などの方式がある。それらの手法に対し、チャープ光による振幅変調位相シフト法 (CAMPS: Chirped Amplitude Modulation Phase Shift) に基づく LiDAR が近年提案された [1]。

CAMPS LiDAR では、チャープ信号間の位相差を求めることで測距が可能となり、ノンメカニカルな構造を持つため、従来のメカニカルな構造によるシステムの寿命が短い問題や、応答の遅さや価格の高さといったデメリットは解消できたが、ノイズや歪みの改善は従来の LiDAR システムと同様依然として不可欠である。なお、従来の CAMPS LiDAR では2D スキャンしかできないため、断面情報だけでは不十分だと思われる。そこで、我々は自動ステージを用いて CAMPS LiDAR による3D スキャンの自動化を可能にした上、生成した画像に対し、全変動正則化 [2] (TV: Total Variation) に基づくデジタル信号処理を行うことで、ノイズや歪みの改善を試みた。

本研究では、図1に示す実験系に加え、PCで自動ステージ (シグマ光機株式会社製 SHOT-202AM) とオシロスコープ (Keysight 社製 DSO-S 404A) を同時に制御し、CAMPS LiDAR による3D スキャンが可能になった。なお、測定対象として自動ステージ上の直径約2mm、深さ約7mmの穴 (黒アルマイト表面処理されたアルミ板) を3D スキャンした。その結果を図2の左辺に示すように、画像にとびとびの点が存在することがわかった。これはスペックルノイズと呼ばれ、金属やプラスチックの粗面など拡散反射する表面にレーザー光を照射すると散乱光どうしの干渉等により現れる。そこで、後処理としてTV法を用いてスペックルノイズやボケを除去しようとした。図2の右辺に示すように、背景にとびとびの点が存在しなくなった。なお、客観的評価として処理前後の画像と理想データとの平均二乗誤差 RMS と信号対雑音比 SNR を計算すると、RMS が7.3 %減少し、SNR が11.4 %増加した。これにより、TV法によるスペックルノイズの除去の有効性が示され、CAMPS LiDAR による中距離における高精細な測距が可能となることが期待できる。

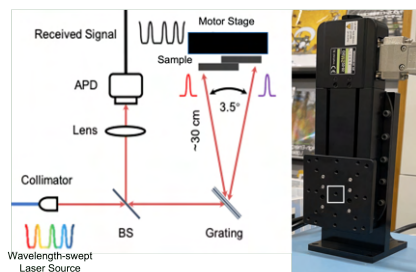


図1: 本研究で用いた実験系と自動ステージ
(白枠内: CAMPS LiDAR で測定する穴)

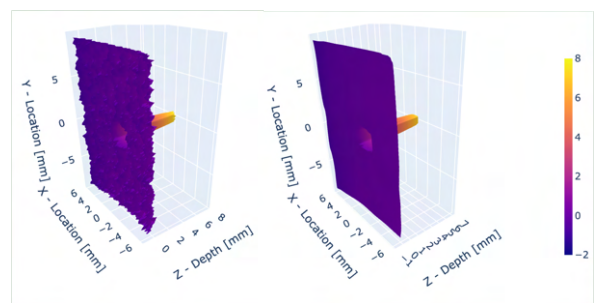


図2: CAMPS LiDAR で測定した穴の3D画像
(左: 生データ; 右: TV法で処理した結果)

[1] Z. Zhang, et al., Journal of Lightwave Technology 40.7: 1902-1913, 2022.

[2] A. Beck, et al., IEEE transactions on image processing, 18(11), 2419-2434, 2009.