

レーザー走査によるセンシング技術の高度化に関する研究

錦野 将元¹、北村 俊幸¹、大橋 朋幸²、石野 正人²、山本 和久²

- 1 量子ビーム研究機構 関西光科学研究所
- 2 大阪大学 レーザー科学研究所

1. はじめに

可視光半導体レーザー(LD)ビームの走査による超小型プロジェクタが携帯型のフォーカスフリープロジェクタとして普及しつつあり¹⁾、走査型の照明も出現しつつある。一方、車載やロボット用としては、走行時の障害物検知のため赤外LDビームを走査するLiDARが実用されている²⁻³⁾。さらにレーザー光によるワイヤレス給電や光空間通信も注目されている。センシング、照明、表示、給電、通信等が同一の可視光LDと走査系で実現できれば、サイズやコストでドラスティックに削減でき普及を加速できることが期待できる⁴⁾。

このような観点から、大阪大学では、可視光半導体レーザー光走査によるLiDARおよび照明さらにはIoT照明ステーションの研究開発を行っている。一方、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構(以下「量研」という。)では、量子ビーム応用技術開発の一環として、レーザーを用いた計測技術などの開発を進めている。

今回、本共同研究では、レーザー計測手法を深化させ可視光LiDAR等への展開をはかる。近年重要度の増しているIoT分野において、従来不可能であった多色3D情報についての評価手法を開発する。さらにLiDARにより検知した位置情報(含む動体)に基づき各種レーザー走査型出力機器の照射位置を制御する。

2 多色3D-LiDARの評価技術

本検証では、LiDAR試作に先立ち、非走査でのTime of Flight(TOF)測定での測距性能を評価した。TOF測定は可視光LiDAR用光源として、ブロードエリア(BA)型の赤色LD、緑色LDおよび青色LDについて行った。ここでターゲットはカラー色票であり、白・黒・赤・青・緑を用いている。

ToF測定システムの構成は図1に示すとおりである。Function Generator(FG)の信号をベースに15ns程度のパルス幅で発振させたレーザー光を色票に

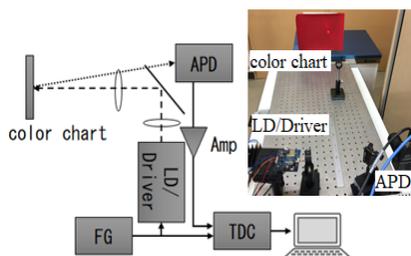


図1 ToF測定システム構成図

照射し、色票の反射光をAvalanche Photodiode(APD)で検知した。受光信号を増幅しオシロスコープで計測、またTime to Digital Converter(TDC)基板によりこの信号とFGのトリガ信号との時間差を計測した。用いたLDの波長は、赤638nm、緑520nm、青450nmであり、平均パルス光出力は0.5mWとした。

図2にRGBの各LDと各色票の距離に対する反射光強度を示す。図2の上側に示す、赤色LDに対する各色票の受光出力は、緑・青・黒ではTDC基板の閾値である2V付近であったが赤・白は9m以下でアンプが飽和するほどの出力が得られた。真中に示す緑色LDは白と緑が、下側に示す青色LDは白の色票が高い出力を得られた。よってRGB-LDに対する各色票の判断には、白はRGB-LD全てで高い反射光強度がある時、赤は赤色LDのみ高い反射光強度がある時、緑は緑色LDに高い反射光強度がある時、青は青色LDにTDC基板の閾値に近い反射光強度がある時にそれぞれ判別可能といえる。

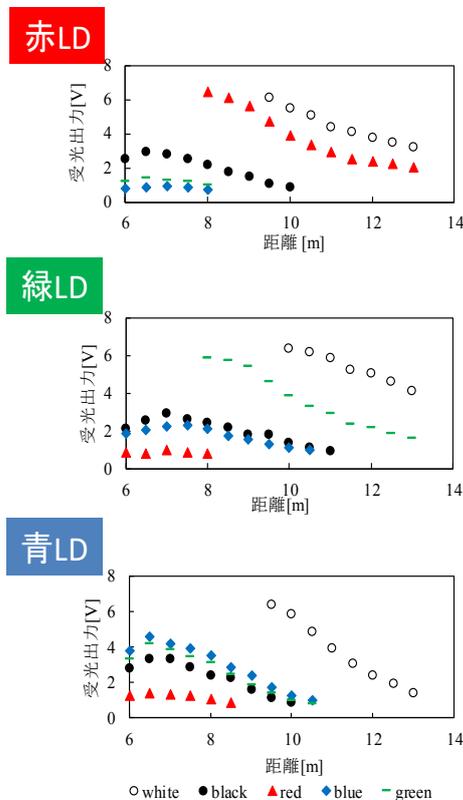


図2 RGB-LDの距離に対する各色票の受信強度

3. LiDARによる移動体の位置検出

非走査TOF測定で選定した赤色発光のBA-LDを光

源とする2次元走査機構のLiDARを試作し、可視光3D-LiDARを得た。

図3は試作した赤色LD搭載3D-LiDARの外観(a)と動作時のビーム走査軌跡(b)を示す。LDは若干出力抑制して、パルスエネルギー5.7nJ, パルス幅2.5ns, 繰り返し105kHzで動作させた。走査角度は、水平方向に210°, 垂直方向に40°で、走査速度は垂直1.2kHz 水平20Hz, フレームレートは20fps, 解像度は2590dot/frameである。

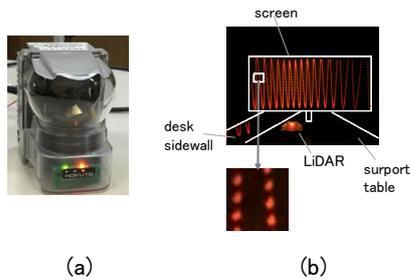


図3 試作した可視光LiDAR(a)とビーム軌跡(b)

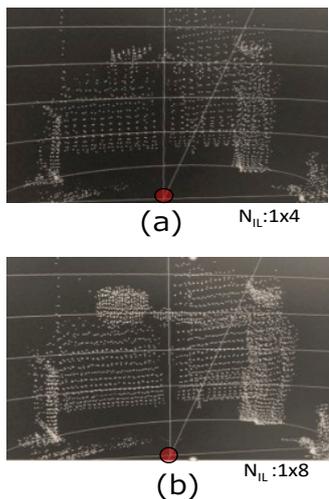


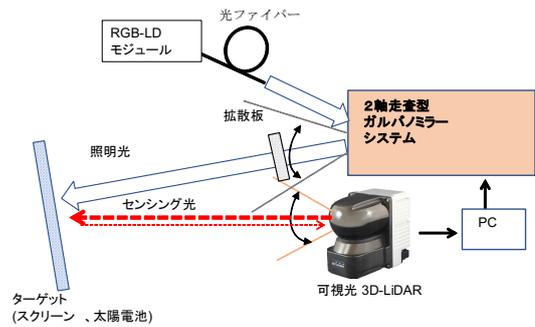
図4. モーションシーンの異なるインターレース(IL)での3D-LiDAR像

角度分解能を高めるためには、インターレースの手法を用いている。図4(a)および(b)は移動物検知としてモーションシーンに対する3D-LiDAR像を示す。インターレース数は(a)では $N_{IL}=4$ であり、(b)では $N_{IL}=8$ である。 $N_{IL}=4$ ではフレーム速度は5fpsで高速の移動物やモーションに追従可能であるが、角度分解能の低下により人・モノの判別がやや難しい。 N_{IL} を8まで上げると、速度は2.5fpsでやや高速性は劣るが、(b)に示すように人・モノの判別に十分な角度分解能が得られていることがわかる。今後振れ角限定や光走査系の高速化で、より高速かつ高解像度が可能となる。

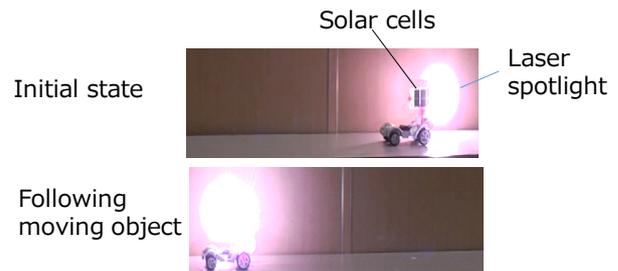
4. 可視光LiDARによる移動体へのレーザースポット照射(含む給電等)の原理検証

ハイブリッド構成ではあるが、可視光3D-LiDARで

位置検出した対象物へのスポット照射、さらには光給電も実現した。図5は可視光LiDAR信号で照射位置が制御された追従型スポット照明を示す。(a)は原理検証用システムの構成、(b)は検出ターゲットであるミニチュアソーラーカーの太陽電池へのレーザー照射と追っかけ給電を示す写真である。可視光LiDARで検出した移動太陽電池の位置情報をスポット位置可変照明の2次元光走査デバイスに入力し、太陽電池のレーザー発電を実現した。



(a) 原理検証用システム



(b) 移動ターゲット検出と照射

図5 移動太陽電池の位置検出と発電

5 まとめと今後の展開

レーザー走査によるセンシング技術に関する高度化の研究として、可視光半導体を用いたLiDARの原理検証を行った。RGB 3原色LDを用いたTOF実験の結果、十分実用可能な測距距離とカラーLiDARの実現可能性を検証できた。さらに可視LiDARで検出した位置への可変スポット照射を実現した。

今後、走査機構を有するRGB-LiDARによりカラー3D化を実現するとともに、色および人・モノ判定の精度を上げる。さらに同一LDでの照明との機能集積化の検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 例えば黒田・山本編 「解説：レーザー照明・ディスプレイ」オプトロニクス社 (2016)
- 2) M. Stern, et al.: Proc. 11th Microoptics Conference', 312-315 (2005)
- 3) H. Kawata, et al.: Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems(IROS), p.3277 (2005)
- 4) M. Ishino, T. Kitamura, A. Takamori, J. Kinoshita, N. Hasegawa, M. Nishikino and K. Yamamoto: Optical Review 26 (2019) 213.