

レンズ反射光を参照光として用いた相関領域 LiDAR

Correlation-domain LiDAR utilizing lens-reflected light as reference light

○清住 空樹¹, 宮前 知弥¹, 野田 康平^{1,2}, 李 ひよん³, 中村 健太郎², 水野 洋輔¹

¹横浜国立大学 工学研究院 ²東京工業大学 未来産業技術研究所 ³芝浦工業大学 工学部

○Takaki Kiyozumi¹, Tomoya Miyamae¹, Kohei Noda^{1,2}, Heeyoung Lee³, Kentaro Nakamura², Yosuke Mizuno¹

¹Yokohama National University ²Tokyo Institute of Technology ³Shibaura Institute of Technology

Emails: kiyozumi-takaki-px@ynu.jp, mizuno-yosuke-rg@ynu.ac.jp

1. はじめに

LiDAR とは、光を空間に照射し、その反射光（散乱光）を分析することにより、対象物までの距離や対象物の速度、対象物の性質を測定する技術である。横方向の空間分解能が高い計測ができるため、2000 年代初頭から電波レーダの代替として自動運転における有用性が大きく注目されるようになった[1]。

現在の LiDAR の手法は、Time-of-flight (ToF) 法が主流である。これはパルス光を照射し、反射光が返ってくるまでの時間から対象物までの距離を測る技術である。また、周波数チャープ光を照射する周波数変調連続波 (FMCW) 法も実装され、物体の距離だけでなく、速度をより容易に測定することができるようになった[2]。

さらに、光干渉を制御することによる位置分解を行う相関領域法も提案され、これまで困難であった、対象の振動と距離の同時かつ高速な測定が可能となった[3]。この方式は、光源の駆動電流を変調するだけで実装できるため、光源のコストが低い、任意の位置での高速測定が可能 (=ランダムアクセス性) といった利点がある一方、参照光路内に長距離の遅延ファイバが必要となる場合があり、将来的なシステムの小型化・集積化を阻む要因となる可能性がある。

そこで本研究では、空間に平行光を照射するためのコリメータレンズ表面で生じる反射光を参照光として利用し、相関領域 LiDAR の簡素化を行った。

2. 実験系と動作原理

提案する簡素化相関領域 LiDAR の実験系を Fig.1 に示す。信号処理部を除き、光源ユニットとフォトダイオードのみから構成されている。信号処理部では、電気スペクトラムアナライザ (ESA) のゼロスパン機能を活用したノイズ処理を行い、オシロスコープを用いて反射光パワーの時間変化を記録する (ESA を用いない簡素な構成も検討中である[4])。

相関領域 LiDAR では、レーザの駆動電流の直接変調を介して、出力光に周波数 f_m の正弦波による周波数変調を印加する。これにより、測定レンジ上に測定点となる「相関ピーク」 (=測定位置) が形成され[5]、特定位置からの反射光のみを選択的に検出することが可能となる。一般に、相関ピークは複数存在し、参照光と信号光の光路長が等しくなる点 (等光路点) を 0 次ピークとして、 $c/2nf_m$ [m] (c : 光速, n : 空気屈折率) の間隔で ± 1 次ピーク、 ± 2 次ピーク...となる。簡素化相関領域 LiDAR では、レンズ表面からの反射光を参照光として用いるため、0 次ピークの位置は、レンズ表面となる。変調周波数 f_m を制御して 1 次の相関ピークを測定レンジに沿って掃引することで反射率分布測定が実現される。

3. 実験方法

簡素化相関領域 LiDAR の基本動作を実証するため、測距実験を行った。測定対象は Fig.2 に示すように、コリメータ表面から 3.5 m 離れた位置に設置したミラーとした。変調周波数は 30 MHz から 60 MHz までを繰り返し周波数 100 Hz で掃引した。変調振幅は 0.6 GHz とした。照射光として網膜に対し比較的安全とされる波長 1550 nm レーザ光をパワー 15 dBm で使用した。また、ESA では、2.5 MHz を中心周波数としてゼロスパン機能を使用した。ビデオ帯域幅は 1 kHz、分解能帯域幅は 10 kHz とした。

4. 実験結果

実験結果を Fig.3 に示す。縦軸の値は反射パワーの最大値で正規化した。反射率のピークが 3.5 m の位置に現れており、ミラーの

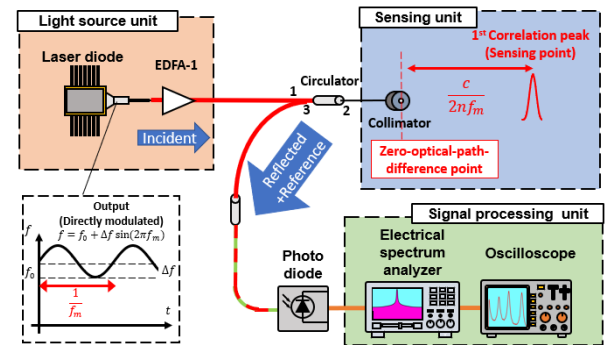


Fig. 1. Experimental setup of simplified correlation-domain LiDAR.



Fig. 2. Top view of sensing unit.

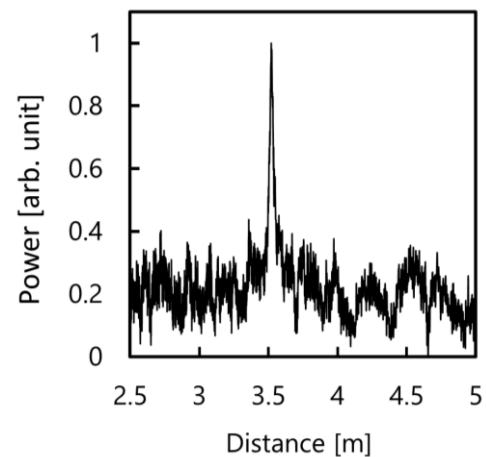


Fig. 3. Reflected power distribution

設置位置と良い一致を示している。以上により、提案した簡素化相関領域 LiDAR により、測距が可能であることが実証された。今後は、空間分解能の向上と測定レンジの延伸を推進する予定である。

参考文献

- [1] 伊藤, LiDAR 技術の原理と活用法-自動運転の技術-, 科学情報出版, 2020.
- [2] P. Feneyrou et al., Appl. Opt. **2**, 308 (2017).
- [3] T. Kiyozumi et al., et al., APL Photon. **6**, 101302 (2021).
- [4] T. Miyamae, et al., 2021 春応物, 19p-Z05-7.
- [5] K. Hotate, et al., Meas. Sci. Technol. **15**, 148 (2003).