

位相ダイバーシティコヒーレント FMCW ライダの 光源線幅依存性に関する検討

Dependence of phase-diversity coherent FMCW lidar on laser linewidth

(M2) 周宇¹, 稲垣恵三^{2,1}, 菅野敦史², 川西哲也^{1,2}

Yu Zhou¹, Keizo Inagaki^{2,1}, Atsushi Kanno², Tetsuya Kawanishi^{1,2}

¹早稲田大学理工学術院

Faculty of Science and Engineering, Waseda University

²国立研究開発法人 情報通信研究機構

National Institute of Information and Communications Technology

E-mail:zyzhouyu1994@akane.waseda.jp

1. まえがき

最近、速度と距離の同時測定が可能な FMCW (Frequency-Modulated Continuous-Wave) 方式による LiDAR (Light Detection and Ranging) の提案された[1]。従来の方式では FMCW 信号の周波数掃引信号の周波数増加時と減少時のビート周波数の差から速度を求める必要があったが、本方式では信号検出と同時に速度・距離が分離可能であり、自動車の自動運転への適用が期待される。速度・距離検出能力とレーザ線幅の関係についてはこれまで報告がなかった。本稿では外部位相変調器による可変線幅光源[2]を用いて、LiDAR 性能の線幅依存性について報告する。

2. 位相ダイバーシティコヒーレント FMCW ライダの概要と実験系

文献[1]に報告された位相ダイバーシティコヒーレント FMCW ライダでは、マッハツェンダー変調器 (MZM) に周波数チャープ信号を印加して得られた信号を送信信号、ローカル信号として用いる。Fig 1 に示すとおり、変調器出力を 2 分割し、一方を対象物からの信号、もう一方をローカル信号として模擬するための実験系を光ファイバで構成した。対象物が移動することによるドップラー効果は音響光学変調器 (AOM: Acousto-optic modulator) による周波数シフトで模擬した。これら 2 つの信号をコヒーレント受信機で検波し、2 つの光電流 (I_Q, I_I) を得る。

式(1), (2)に示すとおり I_1 (I_Q, I_I の 2 乗の和) の周波数成分より距離を算出できる。式(1)の中 $J_2(2\beta)$ は第 1 種の 2 次ベッセル関数であり、 c は真空中における光速であり、 R は距離であり、 k はチャープ率であり、 Φ は位相の定数である。式(3)に示すように I_2 (I_Q, I_I の比) よりドップラー効果による周波数シフト f_d を得ることができる。

$$I_1 \propto J_2(2\beta)^2 \cos(2\pi f_R t + \Phi) \quad (1)$$

$$f_R = \frac{8kR}{2} \pi c \quad (2)$$

$$I_2 = \frac{I_Q}{I_I} \propto \tan(2\pi f_d t) \quad (3)$$

3. 実験結果

AOM の変調周波数は 110MHz とし、対象物からの光信号の遅延は 400m のファイバで模擬した。 k は $3.1831 \times 10^{11} \text{ Hz/s}$ のとき、距離情報は 8MHz、速度情

報は 110MHz となった。この値から、距離 400m と速度は 85.25m/s が算出できる。

線幅を 500KHz から 4.34MHz まで変化させたときの I_1 と I_2 におけるビート信号強度の変化を測定した。距離情報に相当する I_1 には線幅依存性は見られなかったが、 I_2 は Fig 2(a) に示すように線幅増大に従って信号強度が大きく減少する。Fig 2(b) に示すように、 I/Q 信号 (I_Q, I_I) のパワーも線幅の増加とともに減少している。

I/Q 信号のパワーと速度情報のパワーは線幅の増加により大きく減少する。線幅は 1.37MHz の時、 I/Q 信号のパワーは 3dB 減少した。線幅は 1.09MHz の時、速度情報のパワーは 3dB 減少した。

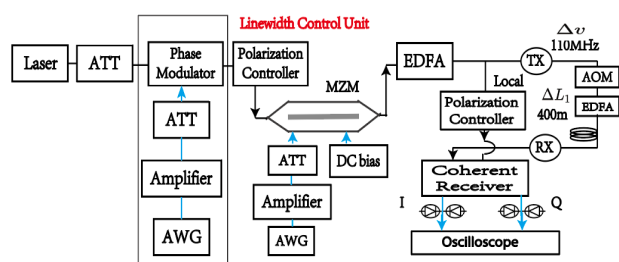


Figure 1 Experiment System

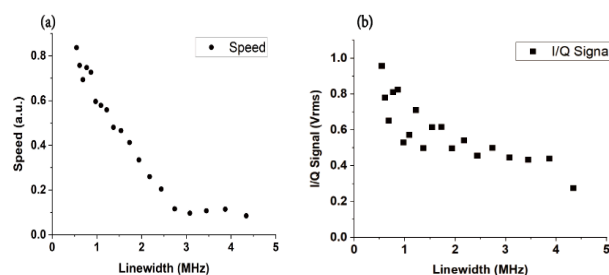


Figure 2 Experiment of Variable Linewidth and FMCW LiDAR

参考文献

- [1] Z. Xu, H. Zhang, et al., IEEE PTL, 31, 1822-1825, 15 (2019).
- [2] J. Mochizuki et al., IEICE Electronics Express, 2020