

ゼロダイン変調がヘテロダイン受信信号に及ぼす影響の検討

A study on the serrodyne modulation depth for heterodyne detection

三菱電機(株) ○原口 英介, 尾野 仁深, 安藤 俊行

Mitsubishi Electric Corporation, °Eisuke HARAGUCHI, Hitomi ONO, Toshiyuki ANDO

haraguchi.eisuke@cw.mitsubishielectric.co.jp

【はじめに】

近年, 航空安全や環境計測の観点から, 風速や風向の変化を遠隔計測するニーズが高まっている. 全光ファイバ型コヒーレントドップラーライダー(CDL: Coherent Doppler LIDAR)は単一周波数のレーザパルス光を空間照射し, 風と同速度で移動するエアロゾルをトレーサーとして, その散乱光のドップラシフトから風速を計測する装置である^[1]. 我々は同装置の小型化に向けパルスゼロダイン変調法を用いた光送信部を試作実証した^[2]. ここでは, 不完全なゼロダイン変調がヘテロダイン受信信号に与える影響に関する検討結果について報告する.

【解析式の導出】

ゼロダイン変調法では, 光位相変調器に鋸波の変調信号を印加する. 位相変化量($d\phi$)と周波数(Δf)は $\Delta f = d\phi/dt$ の関係が成り立つため, 理想的に変調幅を 2π , 周期を T_m とすると, 周波数シフト($1/T_m$)が実現できる. 一方, 変調信号の振幅が不足している場合($<2\pi$), 高調波が生じヘテロダイン検波信号の振幅変動が生じる. 変調度不足を考慮したゼロダイン変調信号($\phi(t)$)は変調度を m とし, floor 関数を用いて次式で表される.

$$\phi(t) = 2m\pi \{t/T_m - \text{floor}(t/T_m + 1/2)\} \quad (1)$$

上式を用いてヘテロダイン検波信号($I(t)$)は受信器の受光感度を η , 局発光, 受信光の光パワーを P_L , P_S と, 局発光と受信光の位相差を $\Delta\phi$ とすると, 次式のように $\Delta\phi, m$ に依存した振幅変動として現れる.

$$I(t) = 2\eta\sqrt{P_L P_S} \{1 + \cos((1-m)\Delta\phi)\} \sin(2\pi/T_m) \quad (2)$$

【シミュレーションと実測との比較】

上式において変調度 m を可変, 送信光伝播により生じる受信光と局発光の位相差 $\Delta\phi$ とし, シミュレーションを行った. また, Fig. 1 に示す実証実験系にて変調度を可変とした実験を行った. 基準光源出力光を信号光路, 局発光路に2分岐する. 信号光路では位相変調器(PM), 半導体光増幅器 SOA(Semiconductor Optical Amplifier), 光ファイバ増幅器(EDFA), サークキュレータを介して送信光として出力し, 光アッテネータで減衰後, 遅延ファイバ端の端面反射光を CDL の受信光として模擬する. 遅延ファイバ端での反射光をサーキュレータにて送信光路と分離, 局発光と合波後ヘテロダイン検波する. シミュレーション, 及び実測結果を Fig. 2 に示す. 図より, 変調度に依存してヘテロダイン検波信号の振幅変動が小さくなっており, シミュレーションと実測値とが良好に一致していることがわかる.

【まとめ】

CDL 送信光源へのパルスゼロダイン変調の適用に向け, ゼロダイン変調の振幅不足がヘテロダイン受信信号に及ぼす影響に関する検討を行った. 変調度不足によりヘテロダイン検波信号のビート信号レベルが変動することを実験, シミュレーションの両面から確認した.

【参考文献】

- [1]: S. Kameyama *et al*, Applied Optics, vol. 46, 1953 (2007).
[2]: 原口他 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会 13a-B3-1(2016).

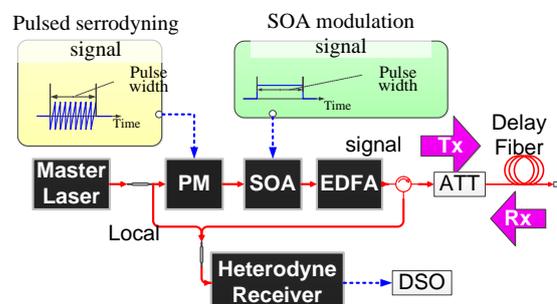


Fig. 1 Schematic diagram of experimental setup

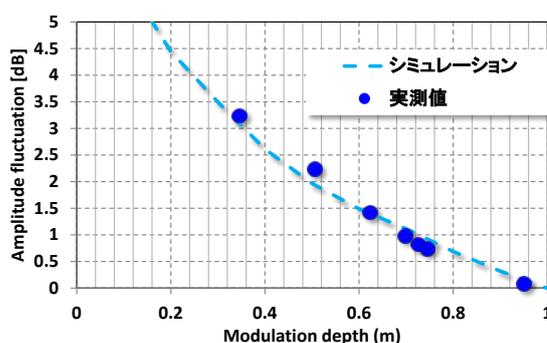


Fig. 2 The heterodyne signals between local and back- reflected light