

四光波混合光推定法を用いたデジタルコヒーレント検波による劣化補償の評価

1130107 システム工学群光エレクトロニクス専攻 鳥山 智史

1. はじめに

近年、PCの動画サイトやスマートフォンの利用者増加に伴いWDM伝送方式を用いた高速かつ大容量化が可能な光通信が求められている。しかし、分散シフトファイバを用いたWDM伝送時に入力光電力の増加に伴い非線形効果の一種である四光波混合(FWM)による波形劣化が生じる問題がある。本研究は、四光波混合光推定法を用いてFWM補償の検討を行い、シミュレーションを元に精度向上を目指すことを目的とする。本研究の結果を報告する。

2. 四光波混合光推定法

補償方法は図1に示す。信号光 E_1, E_2, E_3 を用いて式1の計算によって推測した。その計算から、 $E'_{223}, E'_{132}, E'_{221}$ を $E_{223}, E_{132}, E_{221}$ のFWM成分に対して、①のように逆成分を足し合わせることでステップ1の補償を行う。ステップ1で信号光と重なるFWM成分の補償を行ってもなお、 f_{F1}, f_{F2}, f_{F3} の成分が存在し、ステップ2ではこの成分の補償を検討する。信号帯域外のFWM成分を推測し、この場合、帯域外には6つのFWM成分が存在する。残された成分をステップ2で式2を用いて補償を行い、信号に対して、 $f'_{F1}, f'_{F2}, f'_{F3}$ の各々の逆成分を足し合わせることで全てのFWM成分を補償することが可能である。

3. システム構成

補償を行う際に用いる分散シフトファイバの特性を実験で測定を行った。結果、ファイバ損失 $\alpha = 0.23 \text{ dB/km}$ 、零分散波長 $\lambda = 1554.894 \text{ nm}$ 、非線形係数 $n_2 = 2.6 \times 10^{-20} \text{ m}^2/\text{W}$ であった。このファイバ特性での実験結果を観察し、更にシミュレーションに適用させ、各ファイバ内入力での S_1 と FWM_1 の差(図3)を確認し、実験とシミュレーション結果がほぼ同値であることが分かった。

4. 補償方法

各ステップを補償するにあたり式1・2を用いるが、各ステップの式1・2に補償した送信信号の大きさをそれぞれ変化させ、最もアイ開口劣化を補償出来ている各値を確認する。補償手順として、ステップ1のアイ開口劣化の少ない時の振幅、位相値をステップ2に適用させステップ2でのアイ開口劣化の少ない各値を確認する方法である。

5. 結果

図4より、 11 dBm/ch の時のCH1、CH2のアイ開口劣化をそれぞれ

5.1dB、6.01dB改善することが出来た。

四光波混合光推定法でFWM補償が可能であることが分かった。

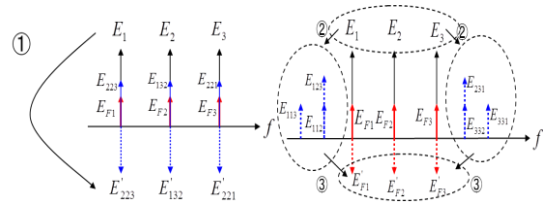


図1.四光波混合光推定法

$$E_{FWM}(z) = i\gamma DE_i(z)E_j(k)E_k^*(z)\exp(\alpha z) \frac{\exp(-\alpha z + i\Delta\beta z) - 1}{i\Delta\beta - \alpha} \quad \text{式1}$$

$$E_{FWM}(z) = i\gamma_2 DE_i(z)E_j(z)E_k^*(z)\exp(\alpha z) \frac{\exp(-\alpha z + i\Delta\beta z) - 1}{i\Delta\beta - \alpha} \quad \text{式2}$$

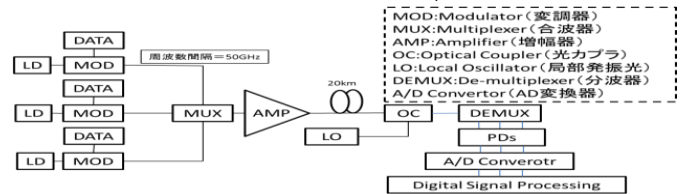


図2.シミュレーション構成

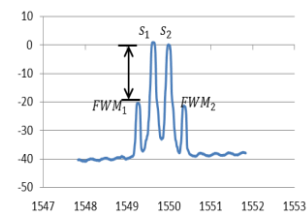


図3.比較箇所

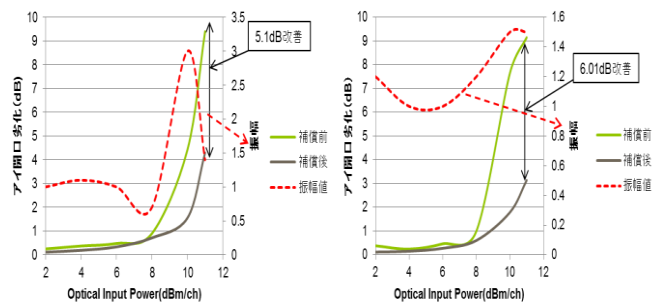


図4.シミュレーション結果

(左 CH1、右 CH2)