

# 多値変調における隣接波長間 XT 補償の特性解析

## Characteristic analysis of the XT compensation method between the adjacent wavelength signal which applied multi-level modulation

布施 樹 那賀 明

Tatsuki Fuse Akira NAKA

茨城大学大学院 理工学研究科 メディア通信工学専攻

Major in Media and Telecommunications Engineering, Ibaraki University

### 1. 背景

近年、デジタルコヒーレント光技術の研究により 100Gbit/s の偏波多重による送受信が可能になり、実用化された。さらなる光通信の大容量化を目指すため多値変調を行い、尚且つ隣接波長間隔をビットレート以下まで狭める方策が考えられるが、スペクトルの重なりによる隣接波長信号クロストーク(XT)の発生が課題となる。XT 補償による信号品質の改善効果を、数値解析により、波長数、波形依存性、波長信号間隔、OSNR(波長 0.1nm 帯域での信号対雑音比)に対する特性を定量的に評価する。

### 2. 評価に用いたアルゴリズムと構成

送信部では、偏波多重した 2 つの異なる波長の 16QAM 信号を生成する。伝送部では、光増幅器を通して白色雑音、波長分散、偏波分散を付加する。受信部では、信号光に対応した局発光を持つ 2 つの受信器を用いて XT 補償をする MIMO 処理を行う。具体的には、FIR フィルタにより適応等化を行い、X 偏波と Y 偏波におけるタップ係数が、収束するように更新を行う。本研究では、改善効果に応じて、再度 Y 偏波の収束したタップ係数を利用して、X 偏波のタップ係数の初期値を設定した後、繰り返し更新した。

送信波形は、主にコサインロールオフ波形とスーパーガウシアン波形を用いた。コサインロールオフ波形(ロールオフ係数  $rf=0.5$ ) 及び、スーパーガウシアン波形(波形指数  $q=1.436$ )の OSNR と隣接波長間隔を変えて、Q 値による信号品質を解析する。

### 3. 計算機シミュレーションによる解析結果

図 1 は、隣接波長間隔 29[GHz]に固定したときの信号品質 Q 値の OSNR 依存特性を示す。二つの波形において、MIMO 処理を行わない高密度波長多重信号(③と⑤)は、波長多重ではない 1 波長(①と②)における場合と比較すると、Q 値が 1.9~3.2[dB]程度劣化していることがわかる。この結果は、スペクトルの重なりに起因する XT の影響と考えられる。コサインロールオフ波形の高密度波長多重信号において、MIMO 処理を行った場合(④)は、MIMO 処理を行わない場合(③)と比較すると、OSNR25~30[dB]の条件で、1.0~1.5[dB]程度の Q 値の向上が得られた。しかしスーパーガウシアン波形において、MIMO 処理を行った場合(⑥)でも、MIMO 処理を行わない場合(⑤)と比較して、Q 値の改善効果は無かった。

図 2 は、OSNR=26[dB]に固定したときの Q 値の隣接波長間隔依存特性を示す。シンボルレートに対応する 32[GHz]を境に波長信号間隔を狭くしていくと、XT 成分が大きくなり、徐々に受信信号の Q 値が劣化していくことがわかる。コサインロールオフ波形では、隣接波長間隔が 28[GHz]のとき、MIMO 処理を行わない高密度波長多重信号(①)の Q 値は、大幅に劣化したが、MIMO 処理により、高密度波長多重信号(②)の隣接波長間隔が

27[GHz]までは高い Q 値を保ち、MIMO 処理を行わない場合に比べ、2[GHz]の周波数利用率の向上がみられた。スーパーガウシアン波形では、MIMO 処理を行った場合(④)において隣接波長間隔が、MIMO 処理を行わない場合(③)より早い段階で、Q 値劣化を示した。スーパーガウシアン波形は、図 1 の結果と同様、MIMO 処理による Q 値が改善されなかった。ステップサイズパラメータ等の設定の最適化やアルゴリズムの改善等が、今後の課題である。

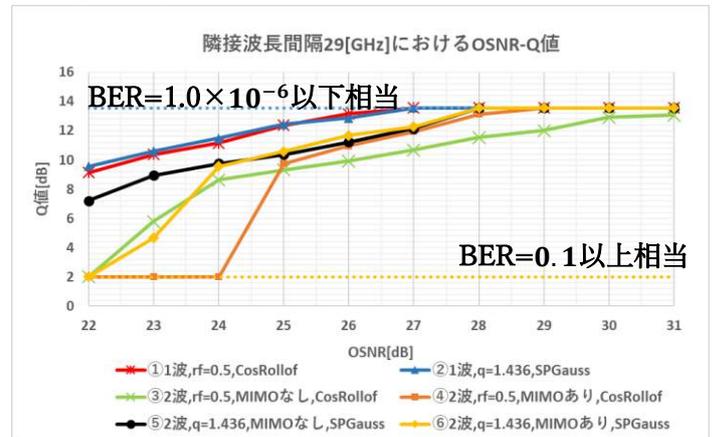


図 1 XT 補償における Q 値の OSNR 特性

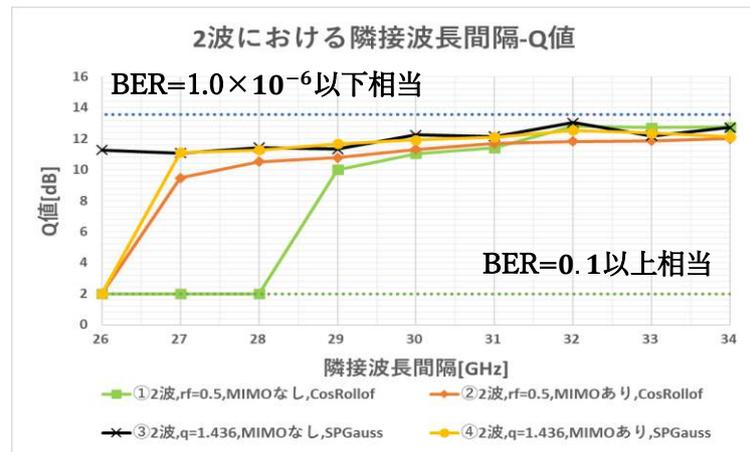


図 2 XT 補償における Q 値の隣接波長間隔特性

### 4. 結論

デジタルコヒーレント光通信において、16QAM 変調で送信した信号を高密度波長多重の数値解析を行い、コサインロールオフ波形は、MIMO 処理を加えることで XT 成分による干渉を補償することができ、高品質な信号を受信できることを示した。

### 参考文献

[1] 菊池和郎, “デジタルコヒーレント光通信の基礎”, 電子情報通信学会, IEICE Technical Report OCS2013-29.