

光ファイバの非線形光学効果を考慮した 4 次元変調方式 (4D-PS-QPSK) の伝送方式
 4-D modulation (4D-PS-QPSK) transmission system
 considering the nonlinear optical effect of optical fiber

梶谷 諒介 那賀 明

Ryosuke KAJITANI Akira NAKA

茨城大学大学院 理工学研究科 電気電子システム工学専攻

Major in Electrical Electronic Systems Engineering, Ibaraki University

1. 背景

現在、光ファイバ通信では X 偏波と Y 偏波それぞれの同相・直行成分を一括して扱い、パワー効率、受信感度の良い 4 次元変調方式 (4D-PS-QPSK) が注目されている。また、光通信において光出力パワーを増大させると信号対雑音比を大きくすることができる反面、光ファイバの非線形効果が無視できないものとなる。

本研究では、非線形効果を考慮した 4 次元変調方式 (4D-PS-QPSK) の長距離光増幅中継系 1 波および WDM (8 波) 伝送について受信特性を評価する。

2. 評価に用いた手法と構成

信号生成と適応等化、BER (誤り率) 判定は自作した解析プログラム、伝送 (光増幅中継系) には市販伝送シミュレータを用い数値解析を行う。本研究では、シンボルレート 32Gbaud の 4D-PS-QPSK 信号を使用する。

伝送部では伝送損失 0.2dB/km、光ファイバ (90km) と光増幅器の中継数を 40 とし、総伝送距離 3600km とする。光分散シフトファイバ (DSF) とシングルモードファイバ (SMF) の 2 種類を想定し、非線形効果を組み込み伝送を模擬する。光増幅器からの自然放出光を想定し、光雑音を設定する。

伝送後、90° 光ハイブリッドにて信号を分離後に、AD 変換器で電気信号に変換する。その後ブラインド推定による X, Y 偏波分離、偏波分散補償を可能とするために CMA から LMS-DD に移行する適応等化を行う。そして、誤り率を Q^2 値に変換して特性を評価する。

今回、用いるブラインド推定の手法を図 1 に示す。

①~④に伝送解析の各段階における、偏波ごとの I/Q 成分の信号データを表す。PMD の影響による I, Q 成分のずれを同期させる。そのため、充分な長さのトレーニング信号を設定し、送信信号に付加する。①でまず、送信側で生成した 4 次元の信号の先頭部にトレーニング信号を付加する。②で伝送シミュレータによる先頭部の信号削除がされる。③伝送後、解析プログラムにより、適応等化でタップ係数の更新を行い、④ X, Y 偏波の分離をする。この際、偏波分散の影響で生じた遅延差をトレーニング信号で検知し削除する方法を用いることで 4D-PS-QPSK 変調方式での、X, Y 偏波の一括受信を可能とする [1]。

3. 評価結果

図 2,3 に非線形効果を考慮した 1 波および WDM (8 波) の光増幅器出力パワーにおける受信特性を示す。DSF において、波長分散の絶対値が小さいほど Q^2 値変動が大きく、非線形効果を強く受けたものだといえる。さらに SMF に比べ、DSF はコア面積が小さく、より非線形効果を受けやすいことが示された。1 波伝送と比較すると、波長分散による Q^2 値の変化が大きく、零分散付近で非線形効果をより強く

受けている。

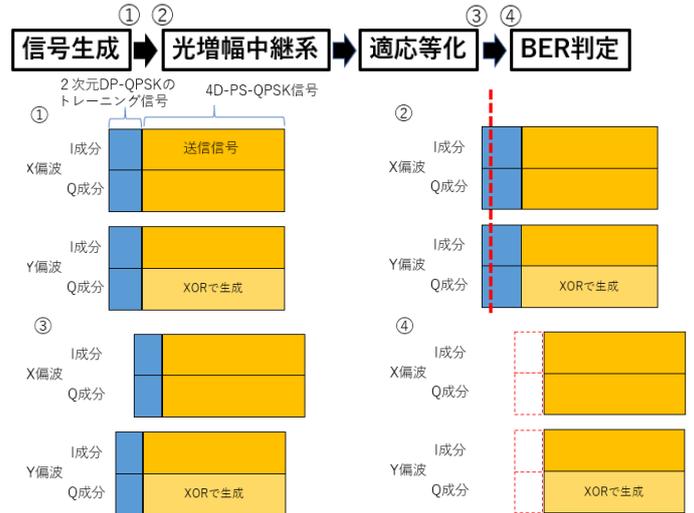


図1 ブラインド推定の手法

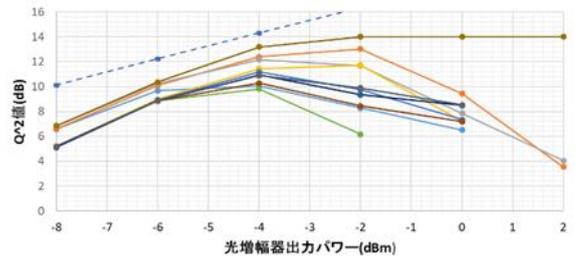


図2 非線形有り 1 波の光増幅器出力パワー毎の Q^2 値

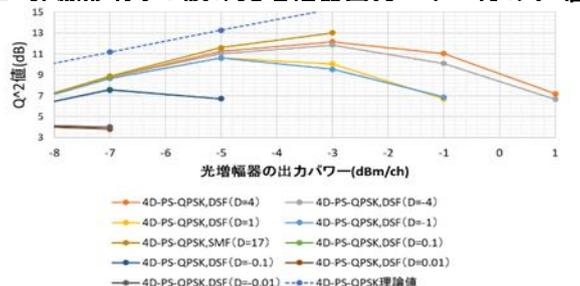


図3 非線形有り 8 波の光増幅器出力パワー毎の Q^2 値

4. 結論

非線形効果を考慮した、1 波伝送および WDM (8 波) 伝送の受信特性について、零分散に近いほど非線形効果を強く受けることを確認した。さらに SMF に比べコア面積の小さい DSF のほうがより強く非線形効果の影響を受けやすいことが示された。

参考文献

[1] Kazuro Kikuchi, IEICE Technical Report OCS2013-29 (2013-07).