

Title	正常分散ファイバの非線形性を利用したReturn-to-Zero光受信器の特性改善に関する研究
Author(s)	鈴木, 真生
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44982
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	鈴木 真生
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 18786 号
学位授与年月日	平成 16 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科通信工学専攻
学位論文名	正常分散ファイバの非線形性を利用した Return-to-Zero 光受信器の特性改善に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 河崎善一郎 (副査) 教授 塩澤 俊之 教授 小牧 省三 教授 馬場口 登 教授 元田 浩 教授 北山 研一 講師 戸田 裕之

論文内容の要旨

本論文は、「正常分散ファイバの非線形性を利用した Return-to-Zero 光受信器の特性改善に関する研究」の成果をまとめたものであり、以下に示す 6 章より構成されている。

第一章は序論であり、本研究の背景、目的ならびに概要を明らかにしている。

第二章では、初めに光ファイバ中のパルス伝搬を記述する非線形シュレディンガー方程式について説明している。そして、分散値の符号の違いによるファイバ中を伝搬する光 RZ パルスの振舞いについて述べている。分散値が正常分散の場合には光 RZ パルスがカー効果と分散性により矩形状へと変化する特性を利用し、RZ 光受信器の位相余裕を拡大しタイミングジッタ耐性を高める新方式を提案している。

第三章では、ソリトン相互作用に対する提案した光受信器の改善効果を、計算機シミュレーションにより従来のベッセルトムソンフィルタを用いた場合と比較を行い、提案方式を用いることで従来よりもアイペナルティ、アイ開口幅が共に改善されること、最適な改善効果を得るには正常分散ファイバの最適ファイバ長とファイバへの最適入射パワーが存在することを示している。

第四章では、Gordon-Haus ジッタに対する提案した光受信器の改善効果を、従来のローパスフィルタを用いた場合と比較を行っている。初めに、提案方式を用いることで従来よりも Q 値、エラーフリーレンジが共に改善されることを計算機シミュレーションで示している。次に光ソリトンパルス周回伝送実験を行い、16,000 km 伝送後の受信パルスの位相余裕が改善されること、12,000 km 伝送後の受信パルスの振幅余裕が拡大し推定 Q 値も改善されることを確認している。

第五章では、提案した光受信器の受信感度に関する検討を行っている。初めに計算機シミュレーションで受信信号の RF スペクトルについて検討し、提案方式を用いることで受信信号の低周波数領域のエネルギーを増加させつつスペクトル幅を狭くすることが可能なことを示している。次に、Q 値の比較を行い、従来の方式ではエラーフリーが達せられない場合でも、提案方式により改善されることを示している。また Q 値による受信感度の比較を行い、受信感度が改善されることを示している。更に受信感度の測定実験を行い、符号誤り率が 10^{-9} となる最小受信感度が改善されることを確認している。

第六章は結論であり、本研究で得られた成果について総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、長距離光ファイバ通信システムにおける大容量化、高速化のための光受信部における特性改善の方法として、正常分散ファイバの非線形性を利用した新しい RZ 光受信器を提案している。提案した受信器のタイミングジッタ及び雑音に対する改善効果を、計算機シミュレーションと実験により明らかにし、以下のような成果を挙げている。

- (1) タイミングジッタとしてソリトン相互作用、Gordon-Haus ジッタそれぞれを考えたときに、光パルスの位置ずれの影響を、電気的なローパスフィルタを用いる従来の RZ 光受信器よりも提案する RZ 光受信器によって改善できることを計算機シミュレーションによって示している。また適当な改善効果を得るためには、提案する RZ 光受信器において使用する正常分散ファイバのファイバ長とファイバへの入射パワーの最適範囲が存在することを明らかにしている。
- (2) 光ソリトンパルス周回伝送実験を行い、実際に受信部に提案方式を用いた場合の改善効果を、従来の方式と比較を行っている。16,000 km 伝送後の光パルス列を各方式を用いて検出した結果、符号誤り率が 10^{-7} となる検出時刻と検出閾値範囲が、提案する RZ 光受信器を用いることで最大となることを確認している。また 12,000 km 伝送後の光パルス列の符号誤り率を検出閾値を変化させて測定した結果、従来方式よりも提案する RZ 光受信器を用いた場合の振幅余裕が拡大し、そこから推定したパルス列の Q 値も提案方式により改善することを確認している。
- (3) 雑音が支配的な系における提案する RZ 光受信器の改善効果を、計算機シミュレーションと実験により確認している。提案方式を用いて検出した場合の受信信号の RF スペクトルを計算し、光パルスの低周波数領域のエネルギーを増加させつつスペクトル幅を狭く変化させる事ができることを示し、これにより受信器の帯域を適当に設定することで受信パルスの SN 比を改善できる可能性を示している。各方式で受信したパルス列の Q 値の比較を行い、入射パワーが小さく従来の方式では Q 値が 6 に満たない場合でも、提案方式を用いることでエラーフリーに相当する $Q > 6$ が達せられることを示している。また受信器への入射パワーを変化させて Q 値による受信感度の比較を行い、提案方式により受信感度が改善されることを示している。更に受信感度の測定実験を行い、受光パワーに対する符号誤り率の変化を測定し、符号誤り率が 10^{-9} となる最小受信感度を比較したところ、提案方式により受信感度が改善されることを示している。

以上のように、本論文は光ファイバ通信システムにおける受信特性改善の方法として、提案する正常分散ファイバの非線形性を利用した RZ 光受信器が有効であることを示しており、光ファイバ通信分野の発展に貢献するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。