

平成31年 1月23日

埼玉工業大学大学院工学研究科長殿

学位論文審査委員会

主査 青木 恭弘



副査 巨 東英



副査 曹 建庭



副査 佐藤 進



副査 古谷 清藏



学位（博士）論文及び最終試験の審査結果について（報告）

専攻名：博士後期課程 電子工学専攻

学籍番号：1622002

院生氏名：張 鑫

論文題目：“Nonlinear Propagation Property and Its Mitigation of Digital Coherent Optical Signal through Single-Mode Optical Fiber for Advanced Fiber-Optic Communication Systems”、和訳題目は、「光ファイバ通信の高性能化に向けたデジタルコヒーレント光信号の単一モード光ファイバ非線形伝送特性とその抑制に関する研究」

上記の学位（博士）論文について、平成31年1月23日に審査および最終試験を行い、その結果を下記のとおり報告します。

記

1 学位論文の内容の要旨

近年、より大容量なネットワークの実現に向けて、コヒーレント光通信技術とデジタル信号処理技術を融合させたデジタルコヒーレント光伝送方式の実用化研究が急速に進展している。本研究では、この次世代システムの伝送容量および伝送距離の主要な制限要因となる光ファイバの非線形光学効果の影響とその回避策について検討した。特に、コア拡大単一モード光ファイバを伝送路とする無中継光伝送システムでの最大送信パワーを制限する非線形光学現象を数値解析により分析し、自己位相変調・相互位相変調を起源とする非線形位相雑音として現れることを解明し、多値変調方式、ビットレート（変調速度）、波長多重チャネル数依存性などを初めて定量化した。また、従来、大洋横断光増幅中継伝送シ

システムのような超長距離相互作用システムのみに適用可能とされていた非線形位相雑音のガウス雑音 (GN) モデルを、新たなパラメータを導入することにより無中継システムの性能予測へ応用できることを初めて示した。また、非線形位相雑音を抑制する手段について、受信側デジタルバックプロパゲーション(DBP)、コンスタレーションシェーピングならびに光ファイバラマン増幅などの研究を行った。すなわち、DBP による非線形補償では、送信側に負分散値を有する光学的な分散補償ファイバと併用することにより、単独の場合に比べて補償量が改善できることを初めて明らかにした。また、光ファイバラマン増幅により、最大送信パワー限界値を非ラマン増幅時と比べて 8.0dB 程度まで緩和できることを示した。

学位論文は、全 8 章で構成されている。第 1 章では、本研究の背景と目的などを述べた。第 2 章では、デジタルコヒーレント技術の基本的な定義から始めて、種々の変調方式および信号検出方式について述べた。第 3 章では、単一モード光ファイバの光伝送特性を取り扱う非線形シュレディンガー方程式および種々の非線形光学効果について記述し、光伝送システムの計算例として、10Gbps 信号の分散シフト光ファイバ光伝送特性を解明した結果について述べた。

第 4 章では、伝送速度 100Gbps およびそれ以上の変調速度を有する無中継光伝送システムの性能解析結果について述べ、非線形劣化要因の分析および最大送信パワーの多値変調方式、ビットレート (変調速度)、波長多重チャネル数依存性などを初めて定量化した結果について述べた。第 5 章では、第 4 章の数値計算結果が、新たに調整パラメータを導入した変形ガウス雑音モデルによって記述でき、無中継システムの性能予測へ応用できることを初めて示した。第 6 章では、非線形位相雑音を抑制する手段として、それぞれ受信側デジタルバックプロパゲーション(DBP)およびコンスタレーションシェーピングの研究結果について述べた。さらに、第 7 章では、光ファイバラマン増幅の適用により、最大送信パワー限界値を緩和できることを示し、定量的に議論した。最後に、第 8 章では、本研究の総括として、各章から得られた結論をまとめた。

2 審査意見：

本審査会は、申請者から提出された学位論文”Nonlinear Propagation Property and Its Mitigation of Digital Coherent Optical Signal through Single-Mode Optical Fiber for Advanced Fiber-Optic Communication Systems”,(和訳題目「光ファイバ通信の高性能化に向けたデジタルコヒーレント光信号の単一モード光ファイバ非線形伝送特性とその抑制に関する研究」)について、平成 31 年 1 月 23 日に審査委員および関係者出席のもとに、最終審査および最終試験を行った。この結果、申請者は光通信および関連分野に関する十分な学力があるものと認定し、また、申請された学位論文には新規性及び有用な知見があり、この論文が博士学位申請に値するものと認定した。さらに、本学課程博士学位審査基準に照らして学位申請を行う諸条件を満たすものであることを認定し、全員一致で学位論文および最終試験を合格とするとの結論に達した。

3 学位に付記する専攻分野の名称（いずれかを○で囲む）

工学

学術

4 学位を授与できるか否かの意見

1) 審査結果（いずれかを○で囲む）

① 学位論文及び最終試験の判定 合格 不合格

2) 意見

学位申請者（学籍番号 1622002、張 鑫）の報告を厳正に審査した結果、申請者の論文は博士学位論文に値しており、博士（工学）の学位を授与することが適当であるとの結論に達した。