

(続紙 1)

京都大学	博士 (情報学)	氏名	芝原 光樹
論文題目	Advanced Signal Processing for Fiber-Optic Communication Systems Scaling Capacity Beyond 100 Tb/s (光ファイバ通信システムの 100 Tb / s 容量限界の克服へ向けた信号処理技術)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>ICTは現在の情報社会の根幹を支えるものとなっており、光ファイバ通信システムはそれに伴う莫大なトラフィック需要に応えるものとして1980年前後の商用システムとしての導入以来、目覚ましい発展を遂げてきた。光ファイバ通信システムの通信容量は、主に長距離通信用途に用いられるシングルモードファイバ (SMF) を用いたものでは数100 Tb / s にも達する。一方で、光信号入力パワーの増大に起因した非線形光学現象などにより、SMFの理論的な通信容量上限値は100 Tb / s 程度と言われている。今後の継続的なトラフィック需要の増加に応える為に、通信容量の更なる拡大は喫緊の課題であり、特に既存のSMFにとらわれない革新的な伝送媒体を基盤とした、次世代大容量光ファイバ通信システムの研究開発の重要性が益々高まっている。</p> <p>本論文は次の9章からなる。</p> <p>第1章は、本研究の背景、目的、および学術的貢献を述べる。</p> <p>第2章は、本論文で用いている光ファイバ通信システムでの信号特性評価指標、および信号検出アルゴリズム等について概説し、第3章から第8章で行う検討の前準備を行う。</p> <p>第3章は、光通信システムで確率的に振る舞いシステム設計を複雑化させる偏波依存損失に対し、偏波依存損失が示す波長間の周波数独立性を利用する波長インタリーブ伝送を提案する。提案方式によりシステム不稼働確率の低減効果が得られることを、伝送実験の結果および極値統計の手法を用いることで示す。</p> <p>第4章は、ポスト100Gの信号構成として検討されている複数サブキャリアから構成されるスーパーチャネルに対し、構成サブキャリアの品質を平準化する信号処理方式を提案する。数値計算により、提案方式が多重的な帯域狭窄化による信号の品質影響の低減効果をもたらすことを示す。</p> <p>第5章では、非線形光学効果起因の信号歪の補償を目的とし、光デバイスと信号処理の両輪のアプローチから検討する。まず、分散補償系光通信システムを想定し、相互位相変調抑圧器とデジタル後方伝搬法 (DBP) との連携効果を評価する。次に、相互位相変調の効果から生じる偏波間クロストークについて、独立成分分析に基づくクロストーク除去アルゴリズムを提案する。数値計算により、提案アルゴリズムが従来法を上回るパフォーマンスを示すこと、および提案アルゴリズムとDBPの併用時の連携効果を示す。</p> <p>第6章は、周波数利用効率 (SE) の向上を目的とした光信号キャリアを高密度多重するスーパーナイキスト伝送において、光信号キャリアの周波数重畳によって生じるキャリア間クロストークを、レプリカ信号の生成と線形フィルタ処理により繰り返し除去する方式を提案する。さらに、誤り訂正符号との組み合わせにより、キャリア間間隔を圧縮しSE向上が達成できることを、実験結果を用いて実証する。</p> <p>第7章は、伝送媒体を既存のSMFから空間多重 (SDM) ファイバへ変えたSDM光ファイバ通信システムについて議論する。まず種々のSDMファイバを用いたSDM伝送の近年の動向についてレビューを行った後に、長距離MIMO-SDM多重伝送における課題および対策を総括する。次に、これらの課題が信号処理に与える影響について実験結果を用いて明らかにする。</p>			

第8章は、第7章で述べた課題に対する3つの信号処理方式を提案する。まず、並列MIMO周波数領域等化方式が、モード分散に対する信号処理量を大幅に低減することを示す。さらに、本方式を用いた世界初の5.27mに渡る3.6高密度SDM伝送の実験実証を行う。次に、モード依存損失の影響低減を目的とした、モード間での信号品質平準化を可能にするMIMO信号処理方式を提案し、実験実証を行う。最後に、モード依存損失に起因するモード間クロストークに対し、非レプリカ生成型逐次干渉キャンセラを提案する。本方式は、干渉キャンセルの為にチャンネル推定や逆行列演算が不要という特長を持つことを示した後に、モード多重伝送実験の結果を用いて本方式の有効性を実証する。

第9章は、第3章から第8章にかけて得られた知見の総括を行い、今後の検討の展望ならびに結論を述べる。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。