



| | |
|---------------------|---|
| Title | 空間分割多重通信に向けた空間モード補償技術に関する研究 [論文内容及び審査の要旨] |
| Author(s) | 沈, 澤宇 |
| Degree Grantor | 北海道大学 |
| Degree Name | 博士(情報科学) |
| Dissertation Number | 甲第16006号 |
| Issue Date | 2024-03-25 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/92073 |
| Rights(URL) | https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/ |
| Type | doctoral thesis |
| File Information | Zeyu_Shen_review.pdf, 審査の要旨 |



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(情報科学) 氏名 沈澤宇

審査担当者 主査教授 富田章久
副査教授 池辺将之
副査准教授 岡本淳

学位論文題名

空間分割多重通信に向けた空間モード補償技術に関する研究

(Study on Spatial Mode Compensation Technique for Space Division Multiplexing Communications)

近年、情報通信技術の活用シーンが多様化する中で、通信トラフィック需要がますます増大することが予測されている。しかし、現在のシングルモードファイバで伝送できる容量は、非線形シャノン限界やファイバフェーズとして知られる現象により、変復調方式や中継器の雑音特性の改善等を考慮しても、その理論的な限界に近付いている。このような状況において、従来の波長分割多重技術や多値変調技術に加えて、新たな多重軸である空間分割多重 (SDM: Space Division Multiplexing) の導入による伝送容量の拡大に関する研究開発が活発に進められている。

SDM の代表的な一つの方式に、一つのコアの中を伝搬する複数の空間モードを伝送チャネルとして活用するモード分割多重 (MDM: Mode Division Multiplexing) 方式がある。MDM 通信における理論的な伝送容量は多重化する空間モードの数に比例するため、飛躍的な伝送容量の拡大が期待できる。しかしながら、現在の MDM 通信システムでは、光信号を受信した後、伝送中に発生したモード結合を補償するために大規模な MIMO (Multi Input Multi Output) 信号処理が必要となり、実用化の妨げになっている。

このような状況において、本研究では、マルチモードファイバを用いた光通信技術の高度化を目的として、プログレッシブ位相共役技術を用いた空間モードの補償ならびにモード合分波器の不要な新たな信号の多重化方法を提案し、それらの基本動作を理論および実験により検証している。

第 1 章では、当該研究の背景及び意義・目的について述べている。

第 2 章では、光通信システムの大容量化に向けて研究されている空間分割多重伝送について、検討されている伝送形態と必要となる要素技術について述べている。

第 3 章では、光学的位相共役とデジタル位相共役の基礎について述べている。また、光波面の計測技術であるデジタルホログラフィについて述べている。さらに、外部参照光の不要なデジタル位相共役の実現法として、プログレッシブ位相共役技術の動作原理と特徴を述べている。

第 4 章では、プログレッシブ位相共役技術を用いた空間モード補償手法を提案し、その基本概念や特長を述べている。次に、本手法の補償効果を数値解析および実験により評価し、従来のデジタル位相共役に対する提案手法の優位性を示している。

第 5 章では、高次モードに対する空間モードの補償効果を向上させる目的で、ランダム拡散板によるモード補償効果の改善手法を提案している。拡散板を加えた場合の補償効果を数値解析により評価し、補償効果の大幅な向上が可能であることを示している。

第 6 章では、プログレッシブ位相共役技術を用いたモード拡散多重方式を提案し、その基本概念

や特長を述べている。実験により、マルチモードファイバ内に入射条件によって異なる通信チャンネルを生成することができることを示している。また、信号入射面におけるチャンネルの最小サイズ、最小間隔と配置可能領域を評価し、本手法の最大可能多重数を推定している。

第7章では、本論文の総括と今後の課題について述べている。

これを要するに、著者は、デジタル位相共役に基づいた空間モードの補償技術に関する研究を行うことで、光通信システムの発展に向けて多くの有益な知見を得ており、光エレクトロニクスの分野に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(情報科学)の学位を授与される資格あるものと認める。