

論文内容要旨

報告番号	甲 先 第 440 号	氏 名	坂下 徳幸
学位論文題目	軌道角運動量光ビームの空間伝送におけるモード多重分離への影響と適応制御に関する研究		
<p>内容要旨</p> <p>総務省報道によると、ブロードバンド回線・スマートフォンの普及やオンデマンド動画サービスの充実により、我が国の通信データ量は年々増加していて、2021年11月時点で約23テラビット毎秒に達している。コロナ禍を背景としたリモートワークの増加や自宅で楽しめる動画配信サービスを選択する利用者も多く、ネットワークをやりとりされるデータ量は今後も増加すると予想されている。このようなトラフィックの増加に対応するため、光ファイバネットワークが整備されてきた。光ファイバネットワークにおける伝送容量の増加は多重化技術による恩恵が大きい。波長、偏波、時間や空間を用いた多重化技術や、伝送距離とスペクトル帯域を考慮した柔軟な変調フォーマットを用いるエラスティックネットワークなど研究がなされている。近年、軌道角運動量(OAM)を有する光ビームが伝送容量を増大させることができる可能性があることから、様々な研究が行われている。</p> <p>OAMを持つ光ビームは螺旋状の等位相面構造を持ち、ねじれの量、あるいは絡み合う螺旋の数によって次数が決まる。異なる次数を持つ光波は互いに直交関係にあり独立なモードとして伝搬する。そのためOAMは新たな多重化の次元となり伝送容量の飛躍的増加に貢献すると期待されている。</p> <p>OAM光ビームは次数が異なるとビーム径が異なることから光ファイバ伝送よりも自由空間伝送で期待されている。自由空間伝送では光学素子のずれなどから送信OAMビームと受信機平面において配置ずれが生じる可能性が懸念されることが報告されている。本研究では、OAM多重した複数のモードをソーティング(分離・整列)するための手法に対し、空間伝送で問題になるOAMビームのビームずれが与えるモードソーティングへの影響について数値的に検証した結果を報告する。また検証した結果から、モードソーティングに対する許容される角度ずれは$\pm 100\mu\text{rad}$であり非常に厳しく、手動で光学素子を調節することは困難であることを明らかにした。そのため、モードソーティングにおけるビームの角度ずれに対する適応補償法の提案と、適応補償の有無による高分解能なモードソーティングの性能に及ぼす角度ずれの影響について報告する。送信データビームとは別に角度ずれを検知する専用のパイロットビームを用い、検知した角度ずれに基づきデータビームに対して補正を施すことで適応補償を行う。計算機シミュレーションの結果、適応補償を行うことでモード間クロストークを低減し、受信信号品質が高められることを明らかにした。</p>			

またOAM 光ビームを屋外で自由空間伝送する際、天候や環境構造による吸収、散乱、大気擾乱の影響がある。特に空気のランダムな変動である大気擾乱が大きな課題である。大気擾乱の影響によりOAM 光ビームの位相面が歪められ、受信パワーの低下などが原因で情報を正しく伝送できない。この問題を解決するために自由空間伝送において大気擾乱の影響をいかに抑えるかが重要となる。本研究ではこの大気擾乱の影響を適応的に補償し、受信ビームのモード次数を正確に判定するための新たな手法を提案し、動作特性と補償性能を定量的に評価する。送信データビームとは別に大気擾乱を検知する専用のパイロットビームを用い、検知した位相変動に基づきデータビームに対して補正を行うことで適応補償を行う。計算機シミュレーションで数値的に検証した結果、データビームとパイロットビームの次数を一致させた場合に最も補償効果が高まることを明らかにした。