

世界初、光ケーブル構造により光ファイバ内の伝送特性を制御

NTTは、同一光ファイバ内で複数種類（マルチモード）の光を伝搬するモード多重伝送において、光ケーブルの構造を最適化することにより、マルチモード信号光間の光ケーブル出射端における伝送時間差を低減することに世界で初めて成功しました。

モード多重伝送ではモード数に応じた大容量化が期待できますが、各モードの伝送時間が異なるため、受信器の信号処理が複雑化する問題があります。今回、光ケーブルの設計パラメータ（光ファイバを束ねる強さや間隔など）を最適化することで、曲がりや振れなど光ケーブル内の光ファイバの実装状態を意図的に制御し、マルチモード間の光信号の干渉による伝送時間のばらつきを最大60%低減できることを実証しました。本成果により、モード多重伝送の基盤となる光伝送路技術の実現に向け、光ファイバと光ケーブルの同時最適により伝送特性を制御するという新たな指針を示すことができました。

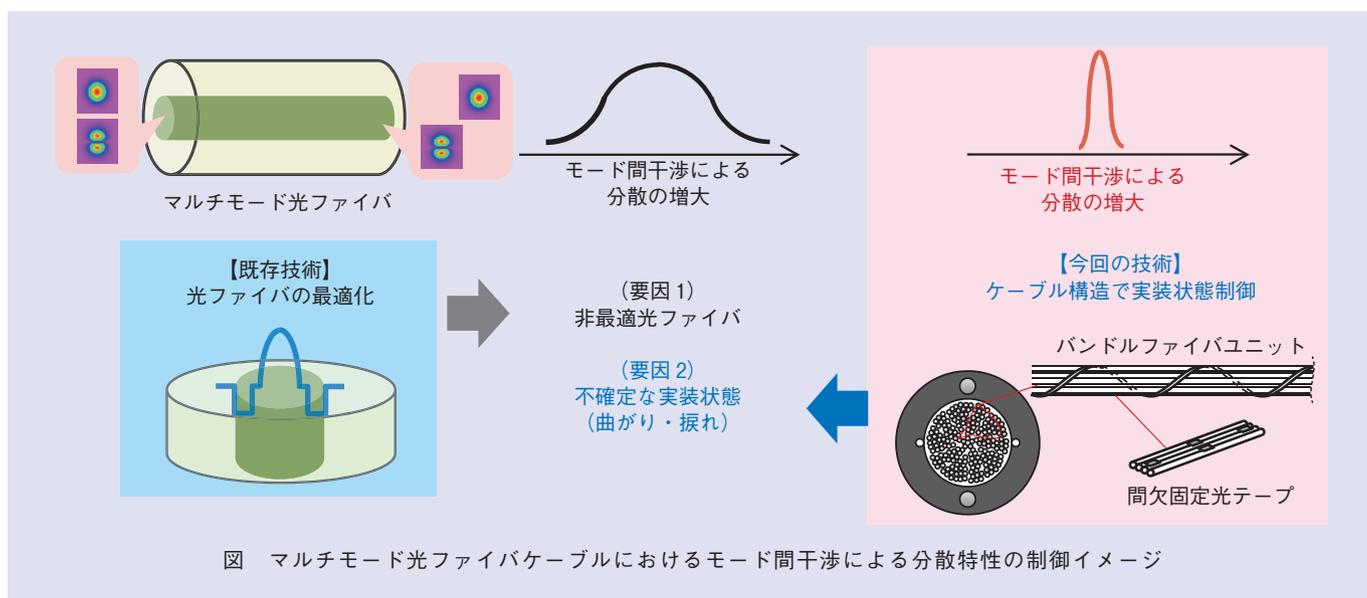
今後、光ファイバおよび光ケーブル技術のさらなる最適化を図ると同時に、モード多重伝送に必要な接続・周辺技術の検討を進め、NTTが提唱するIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想を支える大容量光伝送基盤の実現に貢献していきます。

今回の成果は、米国カリフォルニア州サンディエゴで開催された光通信技術に関する国際会議（OFC2020）において、光ファイバケーブル部門で平均スコアがもっとも高かったトップスコア論文として採択され、2020年3月9日に発表しました。

■研究の背景

5G（第5世代移動通信システム）やIoT（Internet of Things）技術の本格導入を目前に控え、光通信基盤を行き交うデータ通信容量は指数関数的に増加し続けています。この増え続けるデータ通信需要に持続的に対応すべく、既存光ファイバの伝送容量を拡大する空間分割多重技術が世界的に研究されています。空間分割多重伝送用の光ファイバは、1本の光ファイバ内に複数の独立した光の通り道（コア）を有する「マルチコア光ファイバ」と、共通のコア内を複数種類（マルチモード）の光が伝搬する「マルチモード光ファイバ」の2種類に分類することができます（図）。

これまでNTTのマルチコア光ファイバの研究においては、現在使用されている光ファイバと同じ国際規格に準拠した細さで、既存技術が活用しやすいマルチコア光



ファイバの研究開発などを進め、その長距離・大容量伝送への適用性を明らかにしてきました。

一方、将来にわたり増え続けるデータ通信需要を持続的に支えていくためには、マルチコア技術に加え、マルチモード技術の活用も不可欠になると考えられます。しかし、マルチモード光ファイバでは、伝搬するモード間で伝送速度が異なるため、モード間干渉による時間軸上の分散が増大し、受信側における光信号の処理が煩雑になるといった問題があります。モード間の伝送速度差は、光ファイバの構造条件を最適化することで低減できますが、光ファイバの曲がりや捩れといった設置状態にも依存して変化してしまいます。このため、光ファイバケーブルおよび光伝送路全体でモード間の伝送速度差を制御することは極めて困難でした。

■今回の研究概要とその成果

今回の研究では、NTTが開発した細径高密度光ケーブルにおける設計パラメータを最適化することで、①実装される光ファイバに加わる曲がりや捩れ状態の制御、②低損失性とモード間伝送速度差低減の両立、の2点を可能にし、世界最小のモード間伝送速度差を有する細径高密度マルチモード光ケーブルを実現しました。

本成果は、光ファイバ伝送特性の光ケーブルによる制御性を世界で初めて明らかにしたものであり、モード多重伝送用光伝送基盤の実現に向け、光ファイバと光ケーブルの

同時最適により伝送特性を制御するという新たな指針を示したものといたします。

■今後の展望

今回の研究成果では、光ファイバ構造と光ケーブル構造を同時に最適化することにより、これまで困難だったモード間伝送時間差の制御を長距離光伝送路として実現できることを、世界で初めて示しました。本コラムで併せて掲載されている、モード多重用の光伝送技術および光信号処理技術と組み合わせることで、モード多重伝送によるさらなる大容量化の道を切り拓けるものと期待されます。

今後も、モード多重用光ファイバおよび光ケーブルの最適化を進めると同時に、光伝送路の構成に不可欠な接続等の周辺技術の研究も推進し、光伝送技術の研究開発と連携して、モード多重を用いた長距離・大容量光伝送システムの実現をめざします。

◆問い合わせ先

NTT情報ネットワーク総合研究所

企画部 広報担当

TEL 0422-59-3663

E-mail inlg-pr-pb-ml@hco.ntt.co.jp

URL <https://www.ntt.co.jp/news2020/2003/200309a.html>

最先端の研究それぞれが実用化への第一歩

山田 裕介

NTTアクセスサービスシステム研究所 アクセス設備プロジェクト

「光ファイバ伝送容量の限界打破」。これは、IOWN構想を支える大容量光伝送基盤の実現に向けて克服すべき1つの課題です。この解決に向けた1つの要素技術が、空間分割多重光ファイバです。今回の研究成果は、数mm程度のケーブル内のスペースに200本の光ファイバを高密度に実装し、それらの光ファイバに意図した曲げと捩じりを加えて、伝送特性を制御するものです。これまで、光ファイバに曲げなどを与えないよう“優しく”ケーブル化することが基本的な考え方でしたが、この研究では、ケーブル内の光ファイバの状態を数千枚ものCT断層画像から把握し、特性を制御のための適切な曲げを与える条件を明らかにしました。これは世界で初めてのアプローチであるとともに、光ファイバが実際に使われるうえで必要となる光ケーブルというかたちで実現性を示した点も大きな成果の1つと考えています。

これまでに私が研究～実用化を進めてきた光ケーブルもまた、今回の研究成果と同様に、世界初・世界最小という1つの実証から始まりました。研究の過程で思うように進まないこともありましたが、より優れたアイデアを取り入れ発展させ、信頼性や取り扱い性を含めた性能を向上させて実用化に至っています。言い換えれば、最先端の研究成果は、それぞれが実用化への第一歩です。この研究も、これからは光ファイバ・ケーブル技術だけでなく、計測や伝送、製造技術と連携して、大容量光伝送基盤の実現に向けて前進させていきます。

研究者
紹介



NTT筑波研究開発センター内
光ケーブル実験設備にて