

現在と同じ細さの光ファイバで世界最大の伝送容量を実現

——既存光ファイバの標準技術を有効活用してマルチコア光ファイバの実用化を加速

NTTと(株)KDDI総合研究所、住友電気工業(株)、(株)フジクラ、古河電気工業(株)、日本電気(株) (NEC)、学校法人千葉工業大学は、現在広く使用されている光ファイバと同じ細さで、1本に4個の光の通り道(コア)を有するマルチコア光ファイバを用い、世界最大の毎秒118.5テラ・ビット伝送を実現しました。

今回、現在の光ファイバと同じ細さの国際規格に準拠したガラス直径(125 μm)を採用したことにより、既存の光ファイバ製造技術や、光ファイバどうしを接続する光コネクタなど既存の周辺技術が活用できると同時に、複数メーカーの要素技術を組み合わせることで長距離かつ大容量のマルチコア伝送システムが構築できることを実証しました(図)。この研究で、マルチコア光ファイバを活用した光通信システムの実用化に向け大きく前進したといえます。

今後、本光ファイバ技術を2020年代前半に実用化することをめざすとともに、将来の多様なデータ通信需要に対応可能な光伝送基盤の実現に貢献していきます。

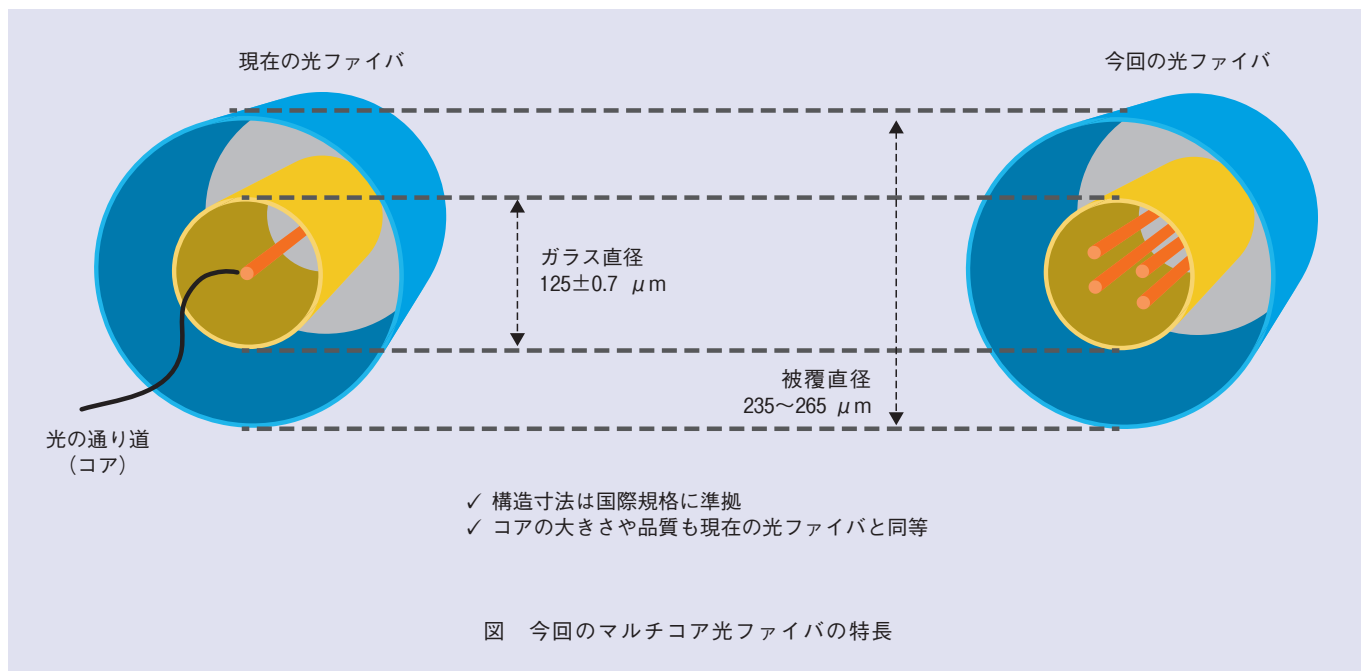
なお、本研究開発の一部は、国立研究開発法人情報通

信研究機構(NICT)の委託研究成果を用いています。

■研究の背景

携帯端末や多様な通信サービスの普及に伴い、データ通信容量は年率10%を上回る勢いで世界的に増大し続けており、2020年代の後半には現在使用している光ファイバの伝送容量限界が顕在化すると予測されています。また、光ファイバの普及とデータ通信容量の増加に伴い、サービスプロバイダが保有するビル内やデータセンター内における光ファイバ設備量の肥大化と光ファイバ配線の輻輳も深刻化しつつあります。

このため、既存光ファイバの伝送容量限界の打破や、光ファイバ設備の高密度化・省スペース化の実現に向け、1本の光ファイバ内に複数の光の通り道(コア)を有するマルチコア光ファイバの研究開発が世界的に推進されており、1本の光ファイバに10個以上のコアを配置したマルチコア光ファイバで伝送容量を劇的に増やす研究開発も行われてきました。しかし、このようなコア数の多いマルチコア光ファイバでは、ガラスの直径が既存



の光ファイバよりも太くなるため、製造技術の飛躍的な向上と周辺技術のさらなる研究開発が不可欠で、実用化には10年程度を要するといわれてきました。

そこで、NTT、KDDI総合研究所、住友電工、フジクラ、古河電工、NEC、千葉工大は、マルチコア光ファイバ技術の早期活用に向け、1本の光ファイバに配置するコア数は4～5個にとどめるものの、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を進めてきました。

■研究の詳細

(1) マルチコア光ファイバの設計指針

光ファイバは直径が数cm～10 cm程度の母材と呼ばれる比較的大きなガラス棒を作製し、これを相似形に溶解・延伸していくことで実現されています。仮に同じサイズの母材を用いるとして、光ファイバの直径を通常の125 μm から2倍の250 μm にすると、製造できる光ファイバの長さは4分の1に減少します。マルチコア光ファイバのガラス直径の増大は、光ファイバの製造性に直接的に影響します。また、今日の光通信では、1260～1625 nmの広波長域で使用可能で、コアの直径が約10 μm 程度の単一モード光ファイバ（SMF: Single-Mode Fiber）がもっとも汎用的に利用されています。

そこで本検討では、ガラス直径と被覆直径を、現在の光ファイバの国際規格に準拠する125 \pm 0.7 μm と235～265 μm として光ファイバ1本当りの製造性を維持するとともに、1つひとつのコアが汎用SMFと同等の伝送品質を有するマルチコア光ファイバの実現を目的としました。マルチコア光ファイバでは隣り合うコア間の光信号の干渉を十分に低減する必要があり、NTTおよびKDDI総合研究所は125 μm のガラス直径で4～5個のコアを配列できることを明らかにしました。

(2) 相互接続伝送路

上述の設計指針に基づき、住友電工、フジクラ、および古河電工にて、長さ100 km以上のマルチコア光ファイバ（4コア）を各社で作製しました。いずれのマルチコア光ファイバも1260～1625 nmの波長範囲で使用可能で、汎用SMFと同等の伝送特性を実現できました。

作製したマルチコア光ファイバを20～40 kmのピースに分割し、意図的に製造元が異なるマルチコア光ファイバを相互接続し、長さが104～107 kmの3つの伝送区間を構築しました。そして、汎用SMFと比べても遜色のない低損失なマルチコア伝送路を複数メーカーの光ファイバで実現できました。各区間の波長1550 nmにおける4コアの平均伝送損失は、マルチコア光ファイバどうし

を溶かして接続（融着接続）した接続点の減衰量を含めても0.22 dB/km以下、3区間全長での平均損失は0.21 dB/kmでした。

これは、標準外径を採用し汎用SMFと同等の伝送特性（MFD特性）を実現したことにより、既存の製造技術とノウハウの活用を容易にし、マルチコア光ファイバの製造性が飛躍的に向上されたことの表れであるといえます。

(3) 毎秒100テラ・ビット超伝送

さらに、上述した3つの伝送区間をつなげてマルチコア伝送路を構築しました。各々の伝送区間の終端に、NEC、KDDI総合研究所、NTT、および古河電工が作製した、3台のマルチコア光増幅器を接続し、各区間の光の減衰を補償しました。マルチコア光増幅器には消費電力の低減が期待されるクラッド励起を適用し、今回の光増幅器では約16%の低減効果を確認しました。全長316 kmのマルチコア伝送路の毎秒100テラ・ビット超の伝送ポテンシャルを確認するため、116波長の16QAM信号を生成し、316 km伝送後の伝送品質を評価しました。

なお、マルチコア光ファイバの各コアとの入出力は、NTTおよび古河電工で作製したFan-In・Fan-Outデバイスを用いて実現しました。また、マルチコア伝送路の入出力端とFan-In・Fan-Outデバイスは、千葉工大とNTTで作製した既存のMU形およびSC形インタフェースを有する光コネクタを用いて接続しました。本光コネクタはマルチコア光ファイバの4つの対向するコアが適切な対応で接続されるように、光ファイバの回転軸方向の調心を行う機能を有しており、マルチコア構造の低損失な光コネクタ接続を実現できます。

伝送実験の結果、すべてのコア・すべての波長で伝送限界を上回る良好な伝送品質を確認し、標準外径の光ファイバを用いた伝送実験では世界最大となる毎秒118.5テラ・ビットの伝送容量を達成しました。これらの結果は、現在の光ファイバの伝送容量限界を上回る大容量伝送システムが、標準外径を有するマルチコア光ファイバを用いて実現できることを示したものと見えます。

◆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@lab.ntt.co.jp

URL <http://www.ntt.co.jp/news2017/1708/170808b.html>

ユビキタスネットワーク社会の基盤構築に向けて

研究者 紹介

永島 拓志

住友電気工業株式会社 光通信研究所 情報伝送技術研究部

近年、動画配信やスマートフォンの普及が急速に進み、大容量かつ高速の情報通信が求められるようになってきています。利用者がストレスフリーでいつでも情報網にアクセスできるようにするためには、それを支えるためのインフラを整備しなければなりません。

そのような社会をスマートに実現するため、私たちは1本の光ファイバの中に複数の伝送路を持つマルチコア光ファイバの開発を行ってきました。情報通信の大容量化の需要が増大していく中、敷設スペースや材料を節約できるマルチコア光ファイバは次世代の情報通信インフラにふさわしい媒体であるといえます。光ファイバは微量の異物混入でも伝送特性が大きく劣化するため、従来はマルチコア光ファイバ内の伝送路間の品質の均一化が大きな課題でしたが、設計と製造方法の見直しにより解決の目途が得られるようになりました。

今回、さまざまな企業や大学が参画したプロジェクトに貢献できたことは個人的にも有意義な経験となりました。新しい社会基盤を構築するためには、多くの人たちの力を合わせる必要があります。さまざまな立場の方々と意見交換できる場に参加させていただいたことで、新しい技術を実用化し世に送り出すための方法を学ばせていただきました。今後この経験を活かし、さらなる情報通信分野の発展と持続可能な社会の実現に貢献していきたいと思っております。



単一母材から100 km以上のマルチコアファイバを作製

研究者 紹介

斉藤 翔太

株式会社フジクラ 先端技術総合研究所 光通信研究部

現在、データ通信容量は世界的に増大を続けており、将来、既存の光ファイバの伝送容量の限界が顕在化すると予想されています。このような背景の中、国立研究開発法人情報通信研究機構からの委託研究として、以前よりNTT研究所と共同でマルチコアファイバ（MCF）の研究開発を行ってきました。MCFの実用化に向けた成果の1つとして、外径125 μm の4コアMCFを1本の母材から100 km以上作製することに成功し、今回のMCFを用いた大容量伝送実験に貢献することができました。MCFの作製では、所望の光学特性（カットオフ波長、コア間クロストーク、モードフィールド径等）を安定して全長で満たすために、コア部材の特性変動や、コア部材を詰め込む母材の外径、孔径について、細心の注意を払う必要がありました。各作製工程で、コア部材の光学特性をシミュレーションし、フィードバックをかけることで安定した光学特性を実現できたと考えています。最終的に完成した母材を紡糸し、目標の長さを巻き取ることができたときには、大きな達成感がありました。これらは1人の力ではできず、同僚の方々や上司、現場の作業員の方々の数多くの協力のもとでできることだと考えています。

これからも、MCFが実用化され、自分の目で実際に使われているファイバを見られることをめざして研究開発に取り組んでいきたいと思っております。



マルチコア光ファイバに替わってくように

研究者 紹介

荒井 慎一

古河電気工業株式会社 情報通信・エネルギー研究所 光線路開発課

毎日の生活や経済活動で情報通信は意識されることのないものとなり通信量はますます増加しています。伝送容量限界が懸念される中多くの人が切琢磨しながらマルチコア光ファイバを開発しています。

今回従来と同じ外径に4つのコアという少し目立たない仕様のマルチコア光ファイバですが、競争している各社のファイバを使って伝送実験を行ったところ素晴らしい結果を得ることができました。各社のファイバをつなげても伝送可能であることも示され、従来ファイバと共通点も多いことからより早い実用化が期待されます。マルチコア光ファイバは断面内にコアが複数ある構造なので今までと同じ方法ではなかなかうまくつくることができません。コストや生産性の点からも従来の光ファイバに対抗する製造方法を見つけ出すことが残された課題の1つです。さまざまな手法が検討されていますが、私たちはコアの周りに石英ガラスの粉を固めてマルチコア光ファイバをつくるという従来と大きく変わった製造方法も検討しています。このガラスを固めたファイバはもう一步の開発状況だったので、残念ながら今回の伝送実験には使われませんでした。

今後、何らかの有効な製造方法が確立されていくものと考えます。日々の生活や経済活動で通信インフラの特に光ファイバを意識されることは少ないかもしれませんが、2020年代にはマルチコア光ファイバに替わっていくように開発を進めていきます。



マルチコア光ファイバ技術の早期確立と展開に向けて

研究者 紹介

松井 隆

NTTアクセスサービスシステム研究所 アクセスメディアプロジェクト

ネットワークサービスの多様化と拡大に伴い伝送容量需要は年々増大しており、私たちの研究チームでは次世代の超大容量伝送基盤の実現に向け、新しい光伝送媒体としてマルチコア光ファイバの研究開発に取り組んでいます。

これまでマルチコア光ファイバの研究開発は活発に行われていますが、ガラスの太さやコアの数・配置の自由度が非常に高く、多様な構造の光ファイバが提案されてきました。しかしこれらの光ファイバには互換性がないため、実用性を考えると、相互接続を考慮した光ファイバ構造の規定が必要です。私たちはガラスの太さに着目し、既存の光ファイバと同じ細さで複数のコアを配置できるマルチコア光ファイバを提案・実現しました。国際標準に準拠したガラス径や光学特性を有することで、既存の光ファイバやケーブル・コネクタの製造技術を活用でき、早期の実用化が期待できると考えています。今回の検討ではこの標準的なガラス径のマルチコア光ファイバを用いて、キャリア・ファイバメーカー・システムベンダ・大学で連携して実験系を構築し、世界トップの成果を実現することができました。今回の成果が、標準的なガラス径のマルチコア光ファイバを切り口として、マルチコア光ファイバ技術の国内外への展開の礎になると信じています。

今回の成果をさらに発展させマルチコア光ファイバ技術を確立・展開し、日本発信の光ファイバ技術が世界中で利用されるよう、研究開発を加速・推進していきます。

