

令和7年度 高度通信・放送研究開発委託研究課題

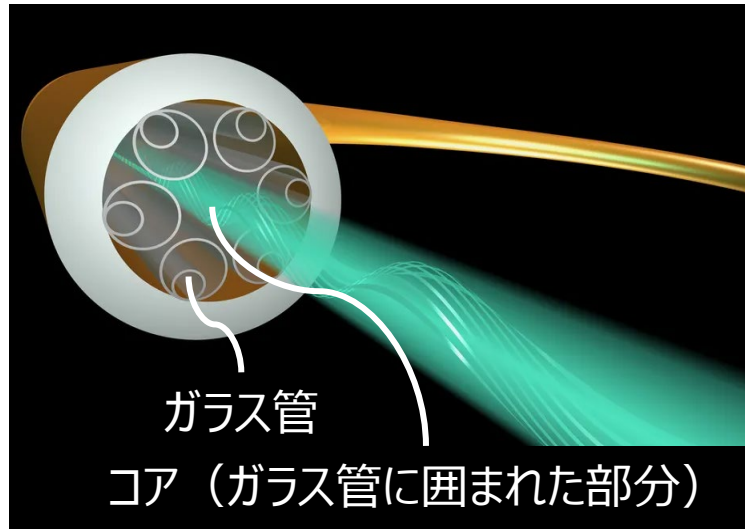
課題244
**空孔構造光ファイバエコシステムに向けた
光ファイバと接続技術の研究開発**

2025/08/19

背景と課題

低損失・低遅延・高入力性を有する新しい“空孔コア光コアファイバ（**HCF:Hollow-core fiber**）”の研究が活性化

近年はNANFの構造を有したHCFが
特に注目されている



NANF（イメージ図）

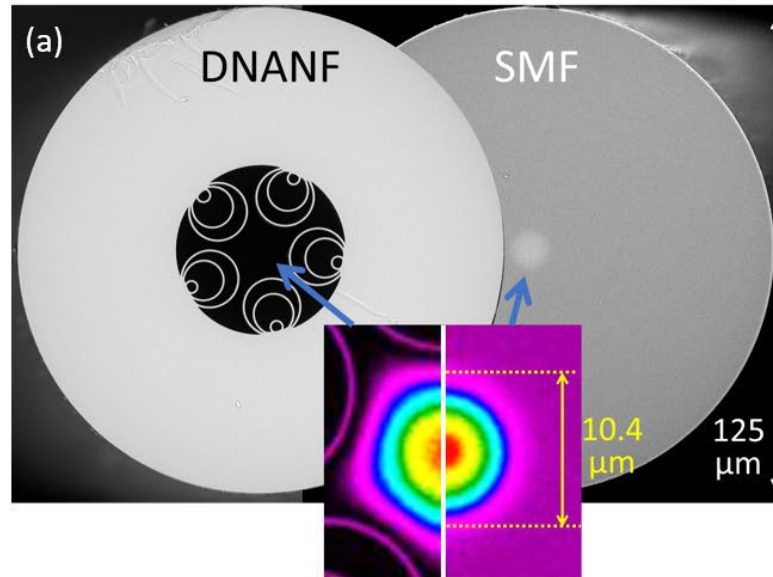
Nested Anti-resonant Nodeless Fiber

出典: “Hollow-Core Fiber Beams a Kilowatt of Laser Power Up to a Kilometer”, IEEE Spectrum, 07 June 2022.

石英コアファイバを超える超低損失の
DNANFの研究報告（OFC2024）

Hollow Core DNANF Optical Fiber with <0.11 dB/km Loss

Y. Chen¹, M.N. Petrovich^{1*}, E. Numkam Fokoua¹, A.I. Adamu¹, M.R.A. Hassan¹, H. Sakr¹, R. Slavik², S. Bakhtiari Gorajoubi¹, M. Alonso¹, R. Fatobene Ando¹, A. Papadimopoulos¹, T. Varghese¹, D. Wu¹, M. Fatobene Ando¹, K. Wisniowski¹, S.R. Sandoghchi¹, G.T. Jasion², D.J. Richardson¹, F. Poletti^{1,2**}



既存の光ファイバ（SMF）との比較

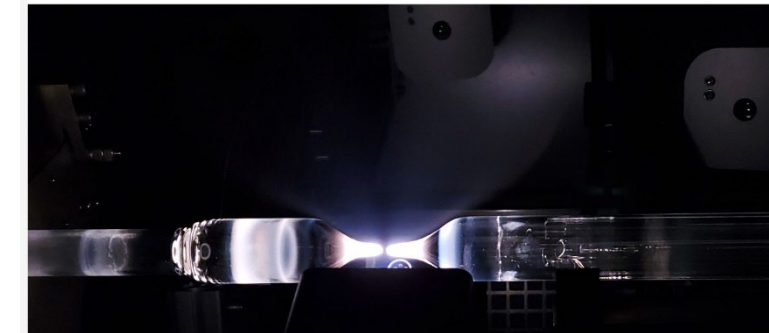
出典: “Hollow Core DNANF Optical Fiber with <0.11 dB/km Loss”, OFC2024, Th4A, March 2024.

2022年12月、Microsoft社が
サウサンプトン大学のスピンアウトの
Lumenisity社を買収

Microsoft | Official Microsoft Blog Our Company News and Stories Press Tools

Microsoft acquires Lumenisity®, an innovator in hollow core fiber (HCF) cable

Dec 9, 2022 | Girish Bablani, Corporate Vice President, Azure Core



出典: <https://blogs.microsoft.com/blog/2022/12/09/microsoft-acquires-lumenisity-an-innovator-in-hollow-core-fiber-hcf-cable/>

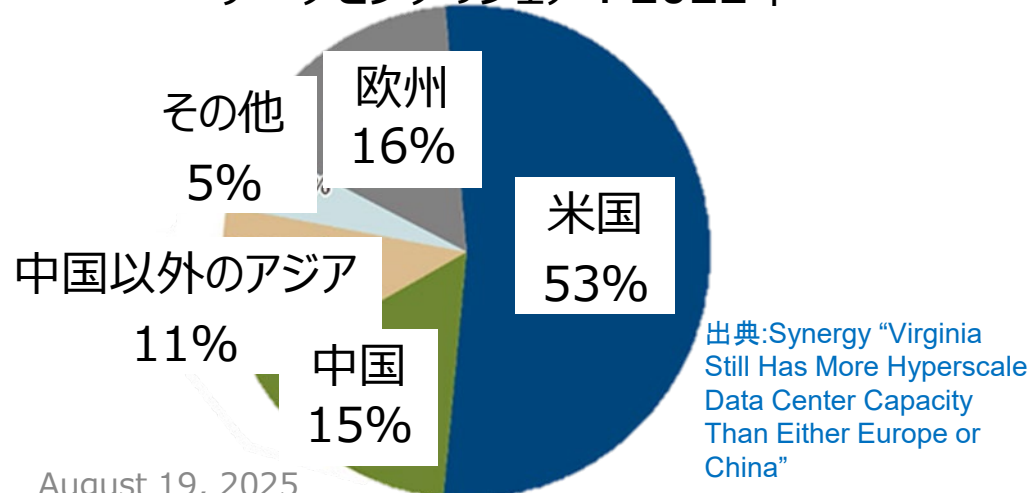
HCFの一種である“DNANF”の研究開発は**Microsoft**や**中国企業**が先行している
これらHCF技術の成熟は**光ネットワークの常識が変わる可能性もあり得る**ため日本にとって非常に脅威的

海外では低遅延な光ネットワークの構築に向けたHCFの研究開発が活発に行われている模様

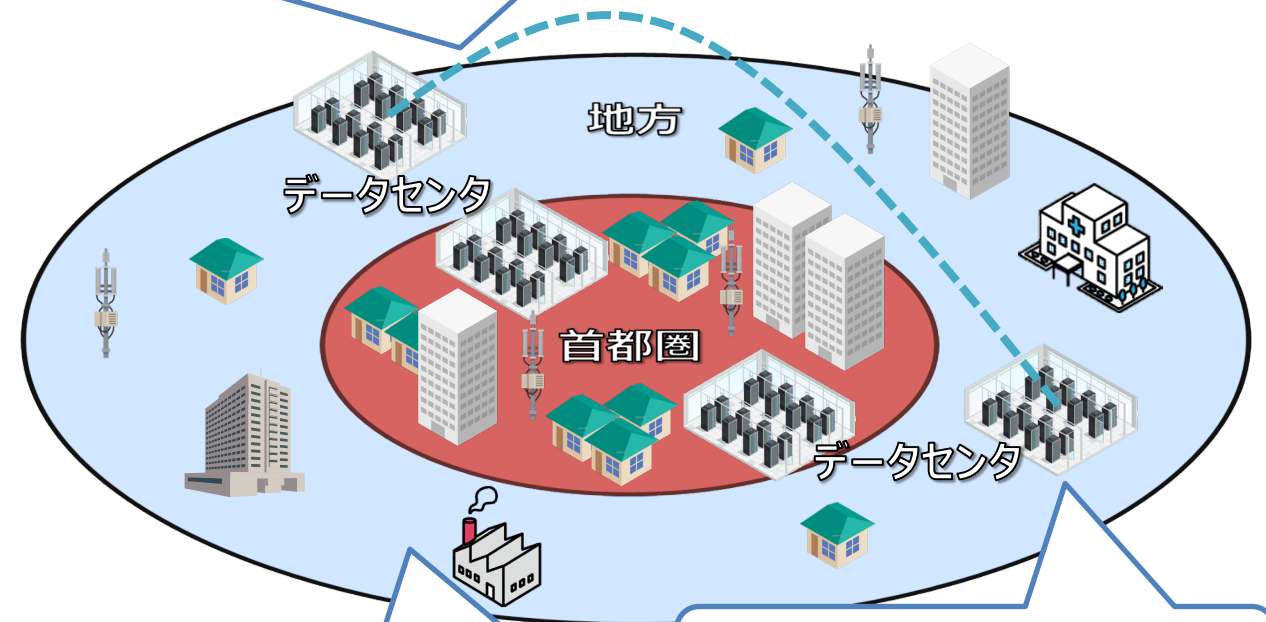
世界のデータセンタ市場規模の推移と予測



データセンタのシェア：2022年



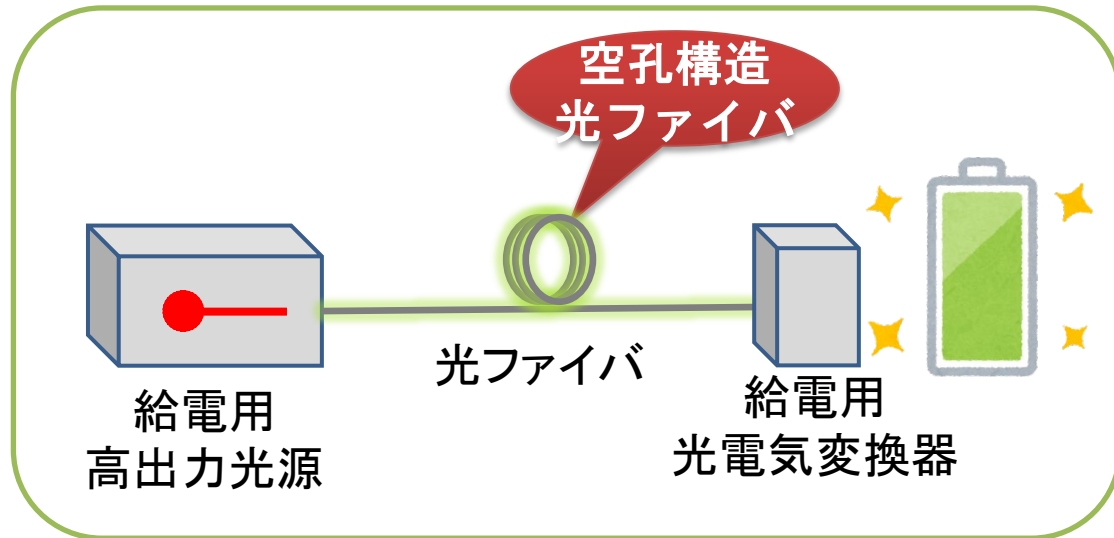
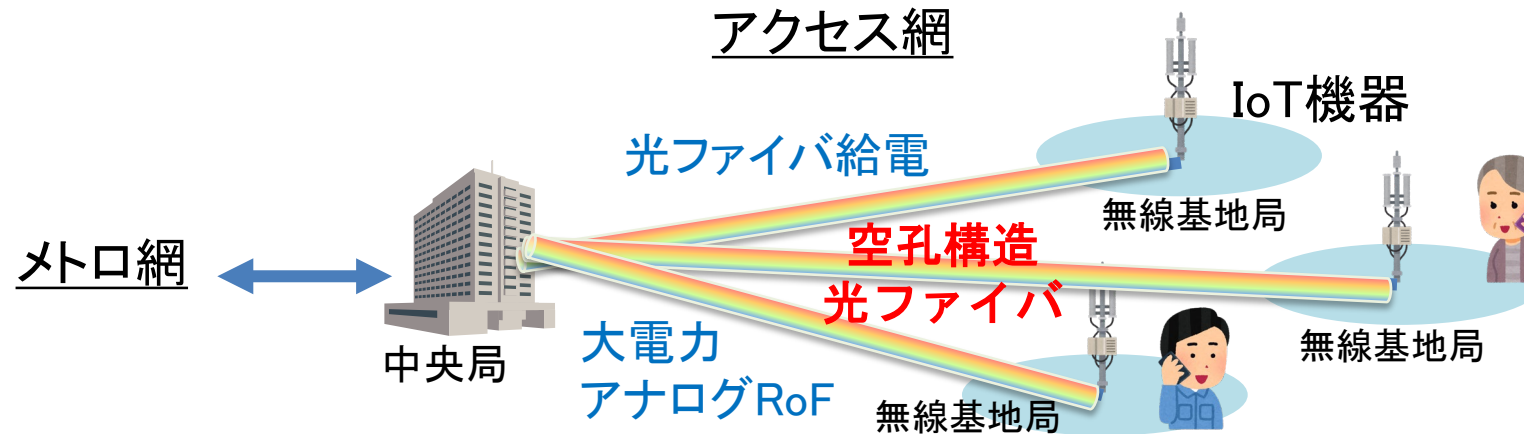
データセンタを地方に設置することで維持費用の低減が可能
しかし送受信間の距離が延びるため通信遅延が発生する可能性あり
↓
低遅延な光ネットワーク需要を想定したHCFの研究が海外を中心に展開



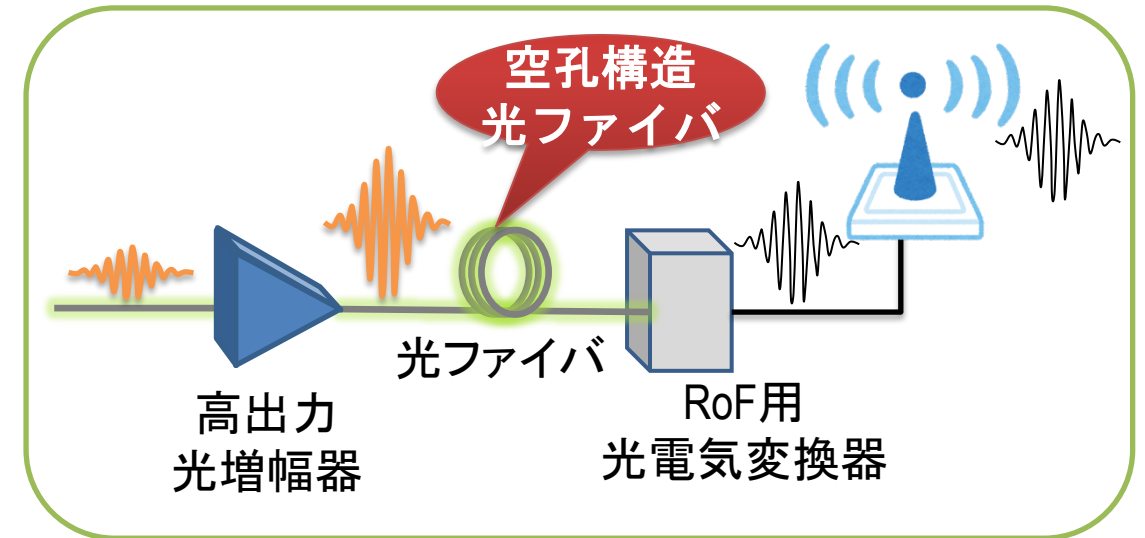
一方でエコシステムを想定した
アプリケーション毎の研究開発
はあまり報告されていない

既存の光ネットワークの一部に
HCFが用いられると考えられる

将来のアクセス網における**空孔構造光ファイバの高入力耐性**を用いた新しいアプリケーションの可能性



モバイル無線基地局向け光ファイバ給電



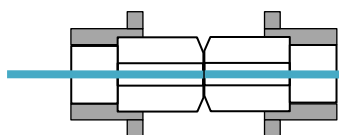
大電力光ファイバ無線 (Radio over Fiber)

研究開発の目的

NANFを含む複数種の空孔構造光ファイバを活用した光通信システムの社会実装に向けた**エコシステムの構築の先行**、並びに空孔構造光ファイバ通信システムの**高入力性に着目したアプリケーション**実現に資する基盤技術を確立する。

空孔構造
光ファイバ通信技術
エコシステム

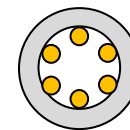
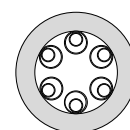
光コネクタ



- 低損失性
- 簡易接続

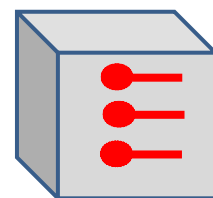
①光コネクタ技術

空孔コア or 空孔クラッド
構造光ファイバ



- 高入力耐性
- 低損失性
- 広帯域性
- 製造性

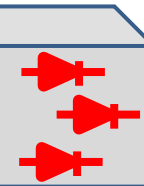
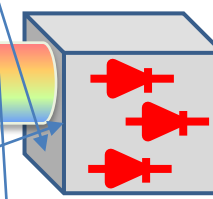
③光ファイバ設計・製造技術



光送信器

空孔構造光ファイバ

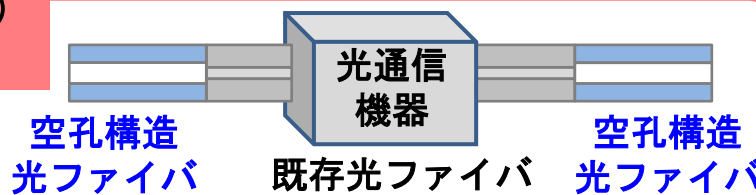
光分岐・合流器



光受信器

②既存光ファイバ（機器）
との接続技術

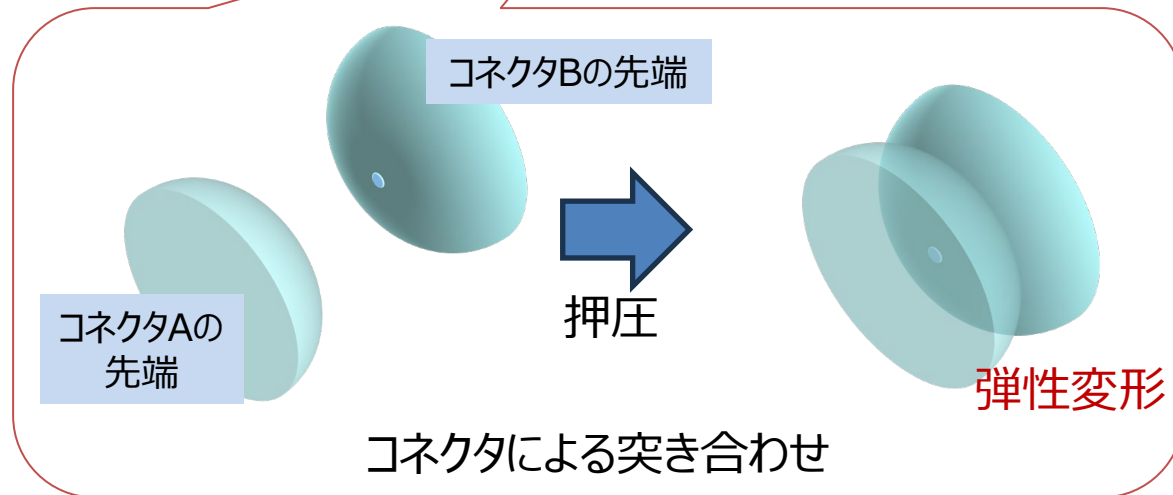
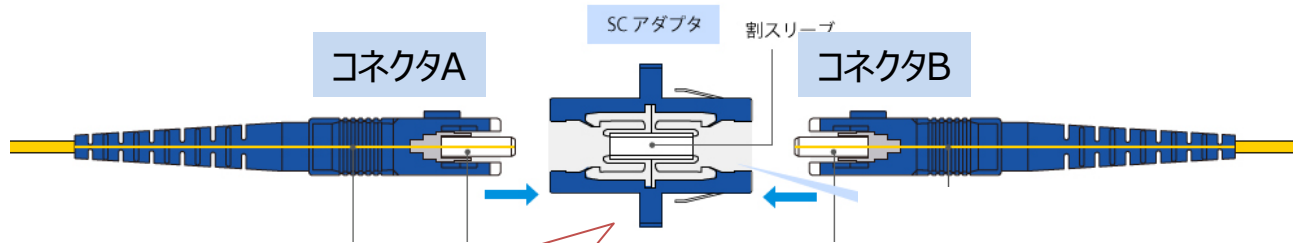
- 高入力耐性
- 低損失接続



研究開発項目 1：弱接触接続方式を用いた端面更新型光コネクタの研究開発

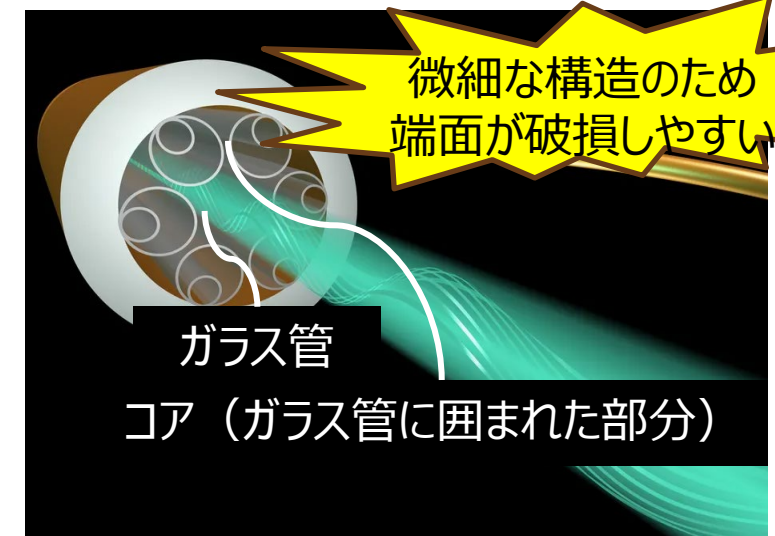
- 機構の自主研究との連携、機構の保有する技術・知見等の活用により、空孔構造光ファイバの欠点である接続端面の脆弱さを解決するため、単心のSC形光コネクタをベースとし、コネクタ内部の空孔構造光ファイバを端面方向に突き出すように移動させ、突き出た空孔構造光ファイバを任意の長さに切断して新しい光ファイバ端面を供給することが可能な新規構造を有する端面更新型光コネクタの開発を行う。

従来の光コネクタ技術



NANF (イメージ図)

Nested Anti-resonant Nodeless Fiber



出典: "Hollow-Core Fiber Beams a Kilowatt of Laser Power Up to a Kilometer", IEEE Spectrum, 07 June 2022.

HCFに従来光コネクタを適用した際の問題点

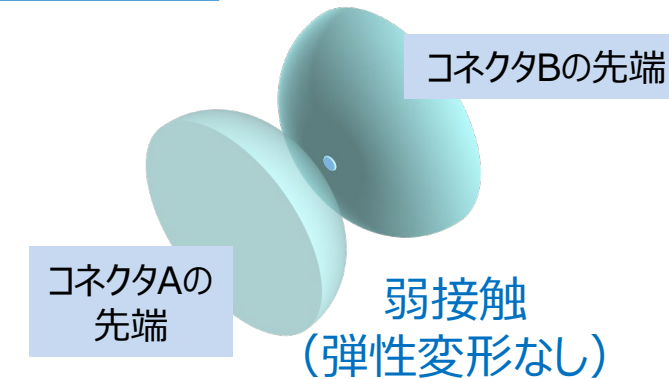
- ・弾性変形によりHCFが破損する
- ・清掃時、端面のゴミを取り除けない
- ・凸球面研磨できない

今回提案の 光コネクタ技術

従来技術の問題点を
解決するために・・・

弱接触接続方式を用いた端面更新型光コネクタを提案

- ・弾性変形をさせずに端面を接触させる
- ・HCFを切断して新しい端面を供給
- ・再接続時に再度HCFを切断



機構が有する技術・知見等については、必要に応じて「応募要領」の
「14 問い合わせ先」まで問い合わせてください。

- 既存光デバイスを活用した光伝送システムの構築を勘案した空孔構造光ファイバと既存光ファイバの接続方法を検討し、接続損失や反射減衰量等の接続特性を検証する。本研究開発項目で対象とする空孔構造光ファイバは、PBGFやNANFのような空孔コア光ファイバを対象とする。空孔構造光ファイバのコア径に対して、既存光ファイバとの良好な接続特性と、低損失・高入力性とを両立する空孔構造光ファイバの特性要件について解析する。また、異種ファイバ接続点における高入力耐性を明らかにする。

(1) 低損失NANFの設計・製造基盤技術に関する研究開発

- 空孔コア母材製造および空孔コア紡糸に関する基盤技術を確立するとともに、構造依存性の解析と試作結果の対比によりNANF構造の最適化に必要な設計・製造の基盤技術を体系化する。また、研究開発項目 1 と連携して、光コネクタ接続実証のために空孔コア光ファイバを提供する。

(2) 高次モード制御を勘案した高入力新規構造NANFの設計技術に関する研究開発

- 高次モードの伝搬特性を積極的に制御し、NANFあるいはPBGFと同等の高入力耐性を有する新たな高入力空孔コア光ファイバの設計指針を確立する。

- (3) 低損失・高入力空孔クラッド石英コア光ファイバの設計・製造技術に関する研究開発
- クラッド領域に空孔構造を有し、コアが石英から構成される光ファイバ（空孔クラッド石英コア光ファイバ）として、空孔クラッド構造の中実型マルチコア光ファイバ、並びに空孔アシスト構造を有する中実型光ファイバについて検討し、既存光ファイバと同等以上の低損失性・広帯域性と、既存光ファイバよりも優れた高入力性を有し、NANFよりも優れた製造性を実現する新たな空孔構造光ファイバの要素技術を確立する。

• 研究開発項目 1 弱接触接続方式を用いた端面更新型光コネクタの研究開発

- W-PC接続方式の端面更新型光コネクタを開発し、プロダクトとして実用的なコネクタ構造を有する光コネクタを実現
- 既存の光コネクタと同等の光学特性（IEC-61755-1におけるgrade B（97%が0.25 dB以下）の接続損失と反射減衰量40 dB以上）を満たすW-PC接続方式の技術の確立。
- 研究開発項目 3 で開発されるNANF構造光ファイバを用いた光コネクタ接続実証。



連携による光コネクタ
成果の最大化

• 研究開発項目 2 空孔構造光ファイバと既存光ファイバの結合技術の研究開発

- 既存光ファイバとの接続性と高入力耐性を両立する空孔構造光ファイバの特性要件の確立。
- 異種ファイバ結合点における高入力耐性の明確化による既存光ファイバとの結合技術の確立。

• 研究開発項目 3 高入力光伝送用空孔構造光ファイバの設計・製造基盤技術の研究開発

- NANFの設計・製造基盤の体系化、並びに低損失性（0.2 dB/km未満）を有するNANFの量産化に向けた技術課題の明確化。
- 既存光ファイバと同等の損失特性（0.2 dB/km未満）を有し、かつPBGFあるいはNANFと同等の高入力耐性（コアあたりの入力光強度2W以上）を有する簡易構造空孔コア光ファイバの設計条件の確立。
- 既存光ファイバと同等の伝送帯域を維持しつつ、既存光ファイバを上回る高入力耐性（コアあたりの入力光強度2W以上）あるいは低損失帯域の拡張性（S+C+Lバンド超級）を実現する空孔クラッド構造光ファイバの実現。

- 2026年 新規接続手法を用いた空孔コア光ファイバの光コネクタの試作
- 2028年 プロダクト化に向けた光コネクタ技術の確立
- 2029年 光コネクタの量産体制を整え、商用化を実現
- 2031年 短距離高入力光ファイバ通信基盤技術を実現
- 2035年 高入力光ファイバ通信基盤の適用距離を数10km級まで拡張
- 2039年 高入力光ファイバ通信基盤を活用したアプリケーションを実現

成果の社会実装等に向けた取組

- 委託研究後の成果の社会実装に向けた出口戦略を立案すること。
- 上記の出口戦略を実現するため、本委託研究で得られた成果のオープン化（例えば、成果発表やそれに留まらずコミュニティ先導のための国際ワークショップや国内特別セッション主催、展示、標準化、オープンソース化等）を行う等、成果の普及・社会実装等に向けて必要な取組を行うこと。
- 産学官連携体制の構築、研究開発の成果を参加企業等が社会実装につなげる枠組み形成に努めること。

- 具体的目標に関しては、定量的に提案書に記載すること。
- 研究開発成果の情報発信を積極的に行うこと。
- 本委託研究の遂行過程で得られる科学的なデータがあれば、広くオープンにするのが望ましい。公開の見込みがある科学的なデータについて記載し、その研究データの取扱いについてデータマネジメントプラン（DMP）の様式に記載すること。
- 実施体制については、本研究開発の目的に則した実施体制を構築することとし、それぞれの役割を明記すること。
- 本研究開発成果の社会実装に向けて、アウトカム目標の項目に記載したマイルストーンを意識しつつ、具体的な時期（目標）、体制、方策等を記載すること。その際、持続的に自走するための計画等についても記載すること。

- 採択件数 : 1 件
- 研究開発期間 : 2025年度（契約締結日）から2028年10月末
- 研究開発予算 :
 - 2025年度、総額40百万円（税込）
 - 2026年度、総額100百万円（税込）
 - 2027年度、総額100百万円（税込）
 - 2028年度、総額60百万円（税込）を上限とする。
- 評価 :
 - 2026年度に中間評価を実施する。本評価結果により、当該年度で本委託研究を終了する場合がある。
 - 2028年度に終了評価を実施する。また、機構は、本委託研究終了後に成果展開等状況調査を行い、追跡評価を行う場合がある。
 - 上記以外にも本委託研究の進捗状況等を踏まえて、臨時にヒアリングを実施することがある。

- 機構と受託者の連携を図るため、代表提案者は、プロジェクトオフィサーの指示に基づき定期的に連絡調整会議を開催すること。
- 複数の機関が共同で受託する場合には、代表提案者が受託者間の連携等の運営管理を行い、受託者間調整会議を定期的に開催すること。
- 社会情勢や研究環境の変化等、必要に応じて、プロジェクトオフィサーが研究計画書を変更する場合があるので、留意すること。

プロジェクトオフィサー

所属: ネットワーク研究所 フォトニックICT研究センター

フォトニックネットワーク研究室

氏名: 古川 英昭