

# 平成23年度「革新的光ファイバ技術に関する研究開発」の 研究開発目標・成果と今後の研究計画

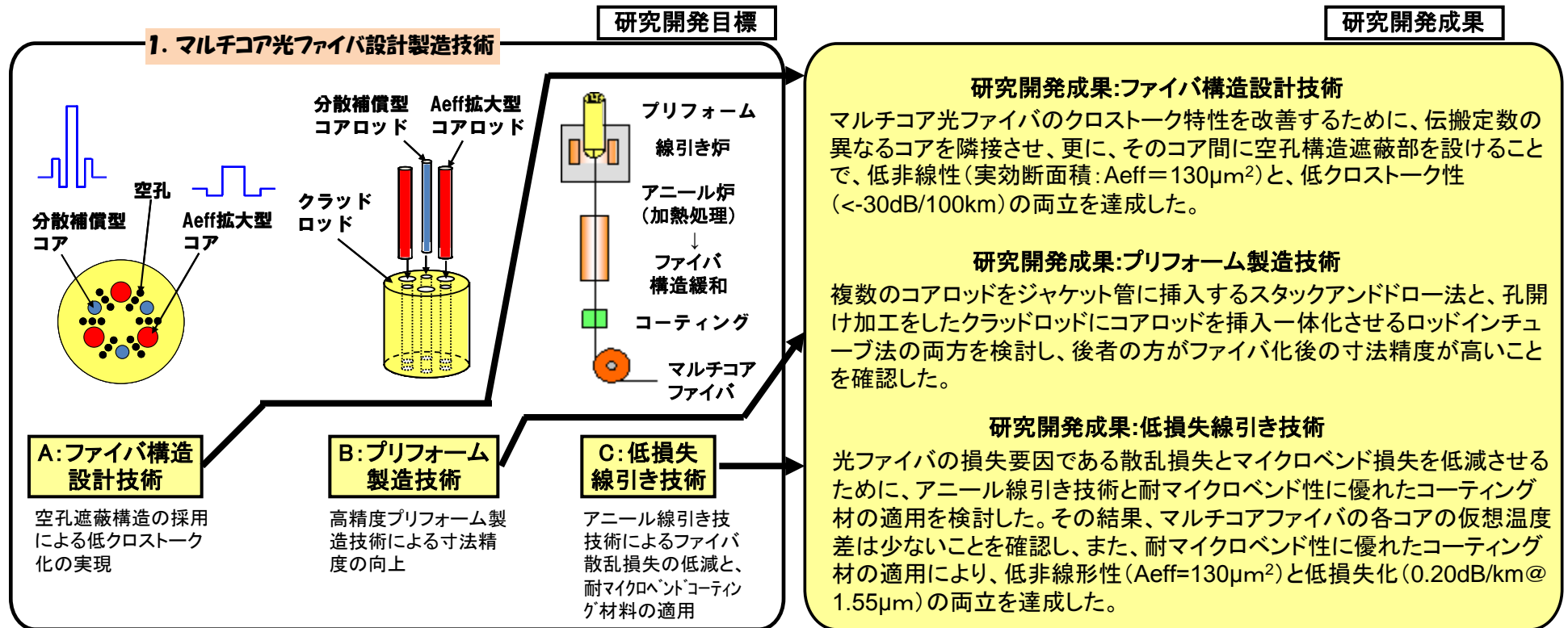
## 1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆実施機関 日立電線株式会社(幹事者)、学校法人トヨタ学園 豊田工業大学
- ◆研究開発期間 平成22年度から平成24年度(3年間)
- ◆研究開発費 総額86百万円(平成23年度 29百万円)

## 2. 研究開発の目標

年率40%のペースで増加している情報トラフィック需要に対応するために、従来の光ファイバにおいて伝送制限を与えていた光学的非線形性や熱的破壊といった問題点を打破する革新的なマルチコア光ファイバ技術を開発し、次世代の伝送路としての実用化を目指す。

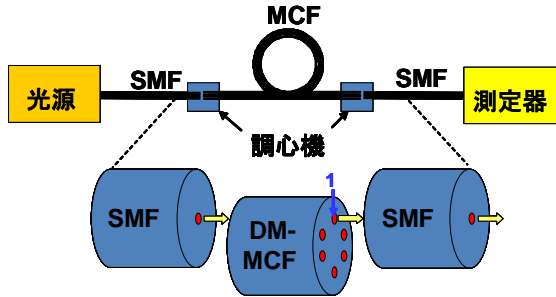
## 3. 研究開発の成果



### 研究開発目標

## 2. マルチコア光ファイバの評価技術

マルチコアファイバの各コアに測定評価信号光を迅速かつ再現性よくアライメント可能な装置を開発する



マルチコア光ファイバ光学特性評価用アライメント装置の開発

### 研究開発成果

## 研究開発成果:マルチコア光ファイバ光学特性評価用アライメント装置の開発

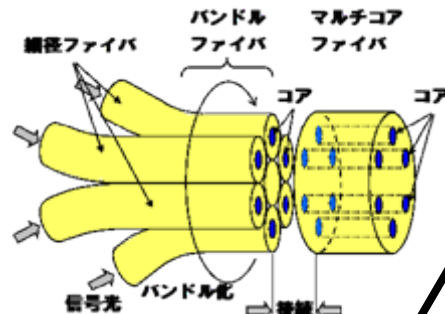
マルチコア光ファイバを評価するためには、入出力側において個々のコアに、または、コアから測定光を高精度かつ安定に入出力させる技術が必要である。

- 本研究開発では、マルチコア光ファイバの任意のコアに短時間で調心が可能で、かつ、逐次調心することで測定光を安定に入出力することが可能な特性評価用ファイバアライメント装置を開発した。
- 開発したファイバアライメント装置の測定再現性や安定性などを評価し、その結果、マルチコア光ファイバのクロストーク特性の再現性において、そのばらつきが0.6dB以内で測定が可能であることを確認した。

### 研究開発目標

## 3. マルチコア光ファイバのインターフェイス技術

マルチコアファイバの各コアに信号光を入出力する機構を備えたモジュールを試作開発する



A: インターフェイス用細径ファイバの試作開発

B: インターフェイスモジュールの試作検討

### 研究開発成果

## 研究開発成果:インターフェイス用細径ファイバの試作開発

本研究開発では、想定したマルチコア光ファイバのコアピッチと同じ外径を持つ細径光ファイバ(外径50~51 $\mu$ m)を作製し、本ファイバ7本をフェルールに実装したインターフェイスモジュールを試作した。マイクロバンド損失を抑制するためにコーティング材の適正化を行い、波長1.31 $\mu$ mの伝送損失は通常SMFとほぼ同等レベルであることを確認した。

## 研究開発成果:インターフェイスモジュールの試作検討

試作した細径ファイバを7本用いて、7コア型マルチコア光ファイバ対応インターフェイスモジュールを試作した。試作した2本のモジュール同士を接続した状態で、接続損失を評価した結果、その損失は0.2~1.2(平均=0.5)dBであった。

# 研究開発成果:マルチコア光ファイバ設計、製造技術

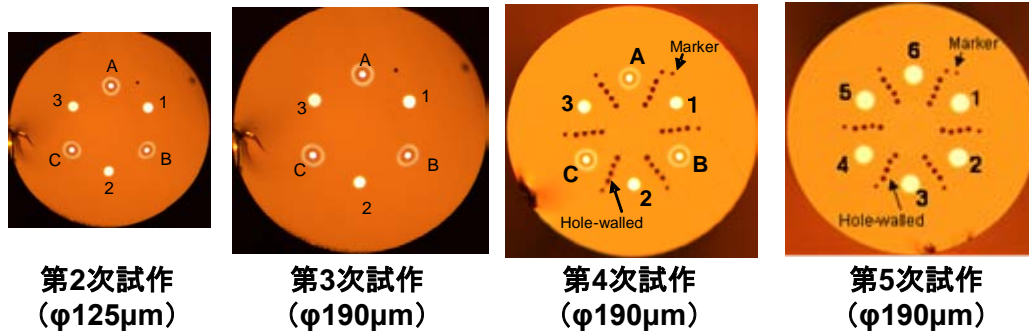


図1. 試作マルチコア光ファイバ断面写真

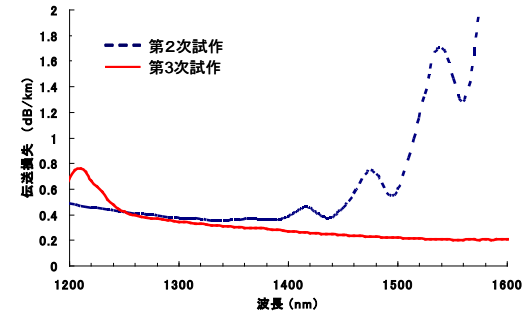


図2. 第2次、第3次コア1の伝送損失

異種コア型(2~4次)、同種コア低非線形型(5次)マルチコア光ファイバの設計製造、試作、特性評価を行った。異種コア型のコアの種類は通常SMF型と分散補償型である。各コア間ピッチとファイバ外径の適正化(第3次試作)により通常SMF型コアで最低損失0.205dB/kmを確認した。第3次試作におけるクロストーク特性は-12~-41.5dBとばらつきが大きかったが、その原因は図3に示すようにコアの曲げ損失特性に依存することを確認した。更に、隣接コア間に空孔を付与する(第4次試作)構造とすることで、クロストーク特性の曲げ損失特性依存性は小さくなることを確認した。

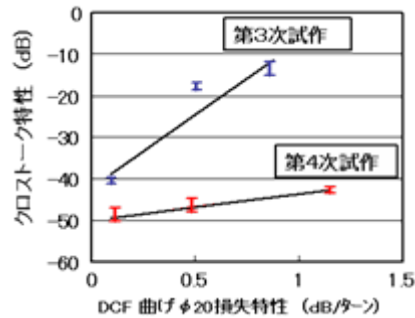


図3. クロストーク特性の曲げ損失依存性

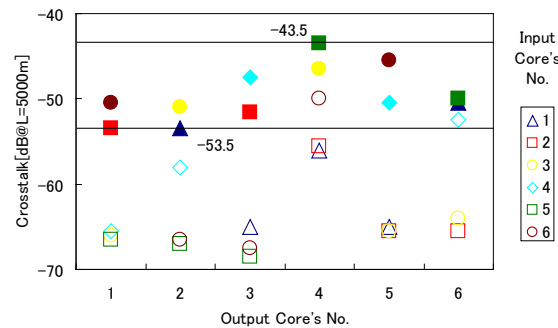
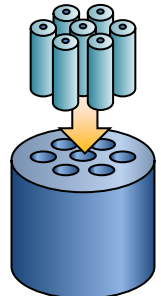
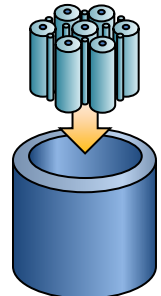


図4. 第5次試作クロストーク特性

表1. コアピッチばらつきの製法依存性

製法	ロッドイン	スタックアンドドロー
製造の様子		
ファイバ化後コアピッチ標準偏差(μm)	0.16~0.26 (N=5)	0.25~1.22 (N=4)

空孔遮蔽構造を備えた同種コア低非線形型マルチコア光ファイバのクロストーク特性を、図4に示す。実効断面積(Aeff=130μm<sup>2</sup>)と大コア径にも関わらず良好なクロストーク特性が得られることを確認した。また、表1に、試作したマルチコア光ファイバのコア間ピッチのばらつきのプロフォーム製法依存性を示す。ロッドイン法の方がばらつきが小さく、より寸法精度の高いファイバが得られる結果を得た。

## 研究開発成果:マルチコア光ファイバ評価技術

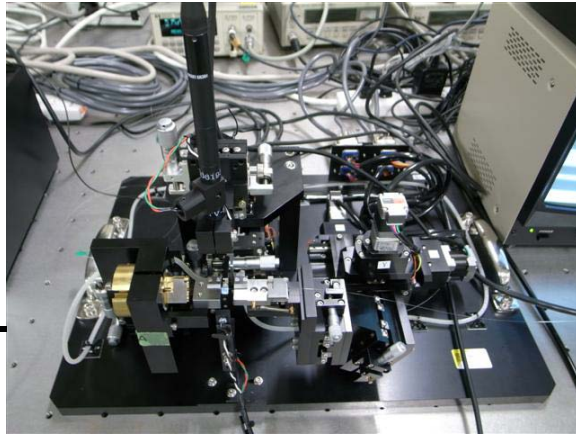


図5. 評価用光ファイバアライメント装置

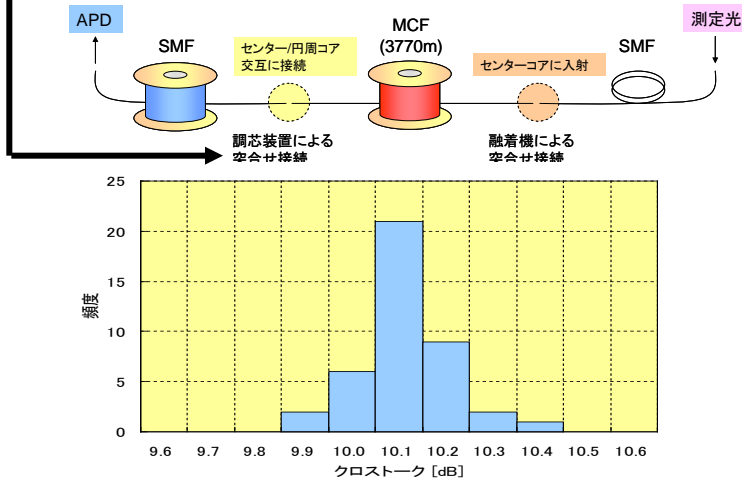


図6. クロストーク再現性評価

マルチコア光ファイバの各々のコアに測定光をアライメントして、光学特性評価が行える光ファイバアライメント装置を開発した。本装置により、光学的特性評価の再現性や安定性、測定時間の短縮が可能となった。図4に、本装置を用いてクロストーク特性の再現性を評価した結果を示す。ばらつき0.6dB以下の評価が可能なることを確認した。

## 研究開発成果:マルチコア光ファイバ用インターフェイス技術

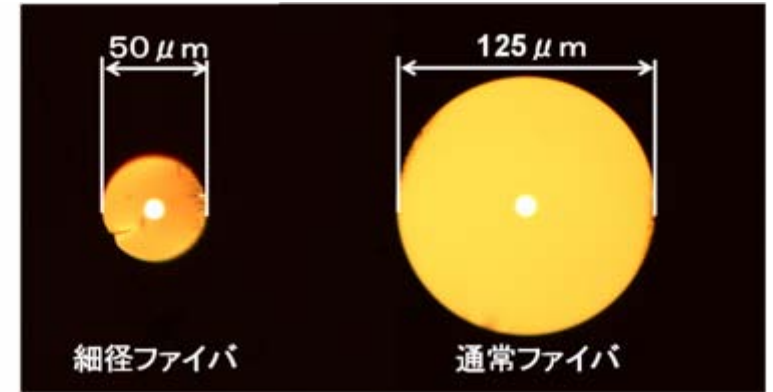


図7. 細径ファイバ(φ50μm)と通常ファイバ(125μm)との断面写真

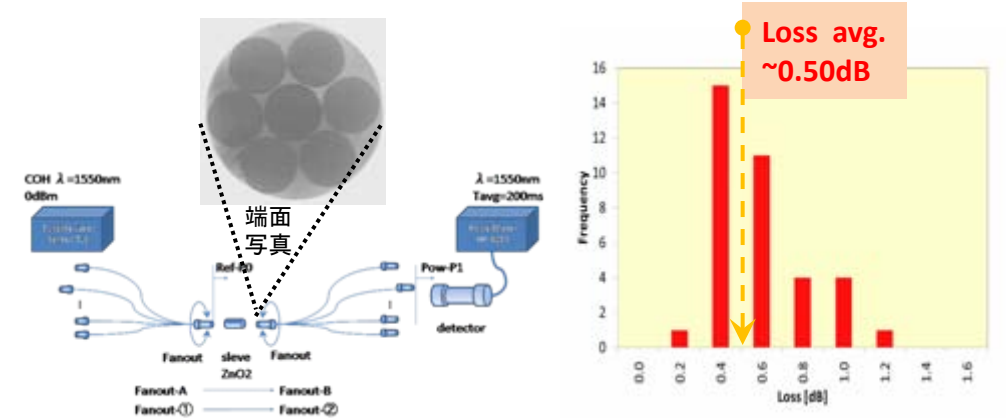


図8. モジュール接続損失評価系

図9. インターフェイス同士接続時の接続損失

マルチコア光ファイバ接続技術の検討用に、細径ファイバ(50μm)を用いた7コア型対応インターフェイスモジュールの試作を行った。試作した本モジュール同士を2本接続した際の接続損失は0.2~1.2(平均=0.5)dBであった。使用した部品の寸法精度を更に上げれば、より一層の低損失接続が可能と思われる。

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) ※成果数は累計件数と( )内の当該年度件数です。

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース	展示会	標準化提案
革新的光ファイバ技術に関する研究開発	12 (9)	1 (1)	1 (1)	6 (5)	0	4 (3)	0

5. 今後の研究開発計画

1. マルチコア光ファイバの設計/製造技術

実用化を見据え、長尺かつその長手方向の特性が安定した光ファイバを得るために、プリフォーム大型化の検討を進める。また、実用上必要なクロストーク特性を維持しつつ、空間多重効率を上げるために、コア間ピッチ、空孔構造、ファイバ外径の適正化の観点から、ファイバ構造の最適設計化を行う。

Geドープ低非線形型コアを用いたマルチコア光ファイバにおいて、 $A_{eff}=110\sim 150\mu m^2$ と損失 $0.17\text{dB/km}$ の両立を検討する。具体的にはマイクロバンド損失対策(ファイバ外径、コア間ピッチ間隔、被覆材料)を検討すると共に、ファイバ線引き時にアニール処理を施し、レーリー散乱損失の低減を図ることで、最低損失 $0.17\text{dB/km}$ の達成を目指す。

2. マルチコア光ファイバの測定評価技術

開発したファイバアライメント装置によるファイバ評価の経験を重ね、改良、改善点を探索し、必要に応じて装置の改良を検討する。また、マルチコアファイバのファイバフューズ特性についても検討を行う。

3. マルチコア光ファイバのインターフェイス技術

インターフェイスモジュール用に使用する光ファイバのサイズに最適なモジュール部品を適用することで、モジュール自体の寸法の高精度化を図る。更に、マルチコア光ファイバとの接続実験用ファイバを試作して、検証実験を行う。