

## 平成24年度研究開発成果概要書

### 革新的光ファイバ技術の研究開発（146ア0401）

課題ア マルチコア光ファイバの設計方法および製造方法に関する研究開発

副題 マルチコア光ファイバの最適設計とコア間干渉低減法

#### （1）研究開発の目的

幹線系光通信インフラは、過去20年間で3桁の大容量化（1987年：1.6Gbps 2007年：1.6Tbps）を達成し、現時点においても年率約40%以上でトラヒックが増えている。しかし、光ファイバへの入力可能な光パワーの観点から、一本の光ファイバで伝送できる容量は、現在の容量を1.5桁～2桁を増やすのが限界と予測されている。これは約10年で伝送容量が枯渇する量であり、10年後の次世代ネットワークを支えるためには、さらに大容量伝送可能な新しい光ファイバが求められる。この限界を打破するためには、1心の光ファイバに多数のコアを収納したマルチコア光ファイバが次世代ネットワークには必要である。

本研究では、必要な伝搬特性（伝送損失、群速度分散など）、幾何学的特性（偏心量、コア非円率など）を考慮したマルチコア光ファイバの最適な製法を確立することを目的とする。また、マルチコアファイバは、コア間クロストークで通信品質を劣化させることが予測され、クロストークを抑えたファイバの設計、作製を目的とする。

#### （2）研究開発期間

平成22年度から平成24年度（3年間）

#### （3）委託先

三菱電線工業（株）

#### （4）研究開発予算（百万円単位切上げ）

平成22年度	34（契約金額）
平成23年度	32（ 〃 ）
平成25年度	30（ 〃 ）

#### （5）研究開発課題と担当

課題ア：マルチコア光ファイバの設計方法および製造方法に関する研究開発  
（三菱電線工業株）

(6) これまで得られた研究開発成果

		(累計) 件	(当該年度) 件
特許出願	国内出願	8	3
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	0	0
	その他研究発表	13	9
	プレスリリース	0	0
	展示会	7	4
	標準化提案	0	0

具体的な成果

- (1) マルチコアファイバの多コア化（コア数7個以上）として、コア数9個（コア配列：正方形）、13個（コア配列：三角形）のマルチコアファイバを作製した。
- (2) 接続時の軸回転調整を容易にするため、非円形クラッドマルチコア光ファイバを作製した。本光ファイバの機械強度と信頼性は、母材の表面処理を行うことで、汎用ファイバと同等の特性が得られた。また、クラッドを非円形にすることで、コアの識別のためのマーカの視認性にも優れることを確認した。
- (3) 非円形クラッドのマルチコア光ファイバの実用化のための課題を明らかにした。母材作製、線引、接続の観点から総合的に勘案してD形状が優れていることを示した。

(7) 研究開発イメージ図

別紙 平成23年度「革新的光ファイバの研究開発」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

# 平成24年度「革新的光ファイバ技術の研究開発」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 三菱電線工業株式会社
- ◆研究開発期間 平成22年度から24年度(3年間)
- ◆研究開発費 総額96百万円

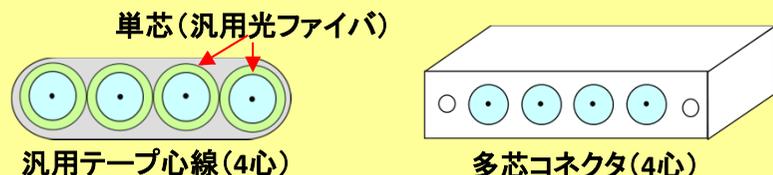
## 2. 研究開発の目標

- ・通信トラヒックの爆発的な伸びに対応するため、大容量伝送が可能な新規マルチコア光ファイバを開発する。
- ・現状のシングルコア光ファイバでは、ファイバ1心あたりの伝送可能な容量に伸び悩みがあり、新規マルチコア光ファイバでこの状況を打破する。

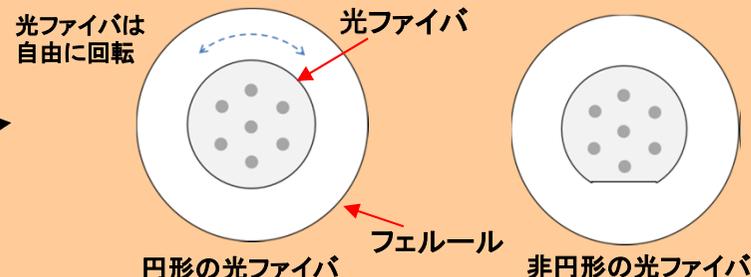
## 3. 研究開発の成果

### ①接続性の改善

マルチコア光ファイバは、光ファイバの中心だけでなく外側にもコアが配置されており、軸回転方向の調整を行い、接続する必要がある。その精度は $\pm 1^\circ$ 以下という高いものである。一方、布設されている陸上系の光ファイバケーブルは、汎用光ファイバをバインドしたテープ心線を使うことで、軸回転方向の調整を行うことなく、多芯(多コア)を一括で融着またはコネクタで接続している。マルチコア光ファイバの接続では、軸回転の調整を容易にすることが求められる。

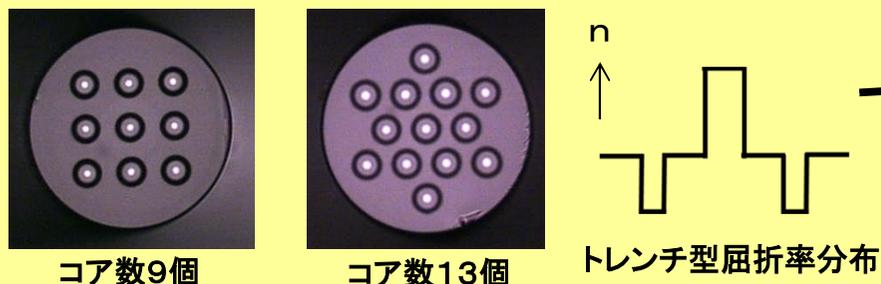


・軸回転方向の調整を容易にする目的で、マルチコア光ファイバのクラッド形状を非円形にした。  
 ・円形のクラッドでは、コネクタフェルール内で光ファイバが回転するが、非円形では一定方向に拘束される。単心のFCコネクタ、および融着接続装置のV溝の斜面に面接触させて、軸回転方向の調整が容易に実施できる見通しを得た。



### ②多コア化

・コア数が7個を超える光ファイバとして、9個(コア配列: 正方形)、13個(コア配列: 三角形)を試作した。  
 ・コア間のクロストークを抑圧するため、コアの屈折率分布はトレンチ構造とした。



・コア間のクロストークは、最も近接しているコア間の値(クロストークが最大となる)を示している。  
 ・多数のコアを収納するために光ファイバ径を太くした。  
 ・光ファイバ径が太いため曲げによる剛性、光ファイバのクリープなどに課題が残る

項目	コア数 9個	コア数 13個
クラッド径	230 $\mu\text{m}$	225 $\mu\text{m}$
コア間隔	51 $\mu\text{m}$	43 $\mu\text{m}$
Aeff	80 $\mu\text{m}^2$	74 $\mu\text{m}^2$
クロストーク $\lambda=1.55\mu\text{m}$ L=100km相当	-49dB	-36dB
伝送損失 $\lambda=1.55\mu\text{m}$	~0.24 dB/km	~0.26 dB/km

## 非円形クラッド光ファイバ

- コネクタ接続時の軸回転方向の調整を容易にするため、各種の非円形クラッドのマルチコア光ファイバを試作して、その特性を比較した。
- 矩形、六角形はコーティング除去時の欠けを防ぐため、意図的に角を丸めている。
- コア間クロストークの抑制のため、トレンチ構造を採用した。光学特性は円形の光ファイバと同等であることを確認した。
- 線引工程のファイバ径制御など総合的に勘案するとD形が優れると考えられる。



矩形

六角形

D形

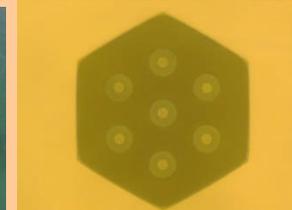
D形の諸特性	
クラッド径 (円の直径)	180 $\mu$ m
コア間隔	48 $\mu$ m
Aeff	80 $\mu$ m <sup>2</sup>
クロストーク $\lambda=1.55\mu$ m 100km相当	-47dB

## コネクタ接続、融着（V溝固定）接続

- フェルールの挿通孔形状を光ファイバと同じ六角形とし、FCコネクタを取り付けることで軸回転方向の調整が容易になることを確認した。
- 融着接続装置のV溝の斜面に光ファイバを面接触させることで、軸回転方向の調整を容易にした。また、V溝上の光ファイバをクランプで押さえて、光ファイバに回転モーメントを与えることで、自然に面接触した状態で固定されることを確認した。



FCコネクタ



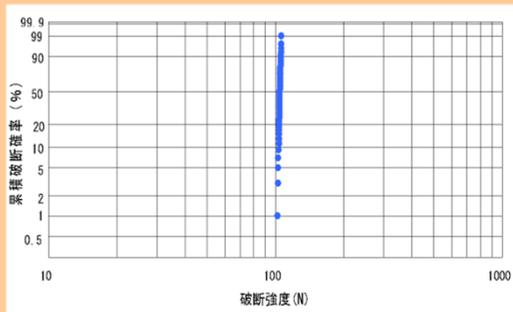
フェルールの取付、研磨後



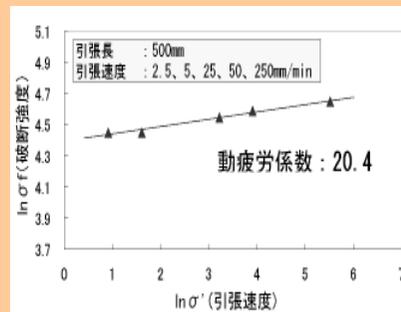
V溝に面接触している光ファイバ

## 非円形クラッド光ファイバの機械強度特性

- 引張破断試験結果から、非円形クラッドのマルチコア光ファイバには低強度部分は存在せず、汎用光ファイバと同等の機械強度特性であることを確認した。
- 疲労係数は20.4で汎用の光ファイバと同等である。
- 繰り返しスクリーニング試験では、汎用光ファイバのスクリーニングレベル(1%)を超える2%の伸び歪を与えても、約10kmで断線しないことを確認した。



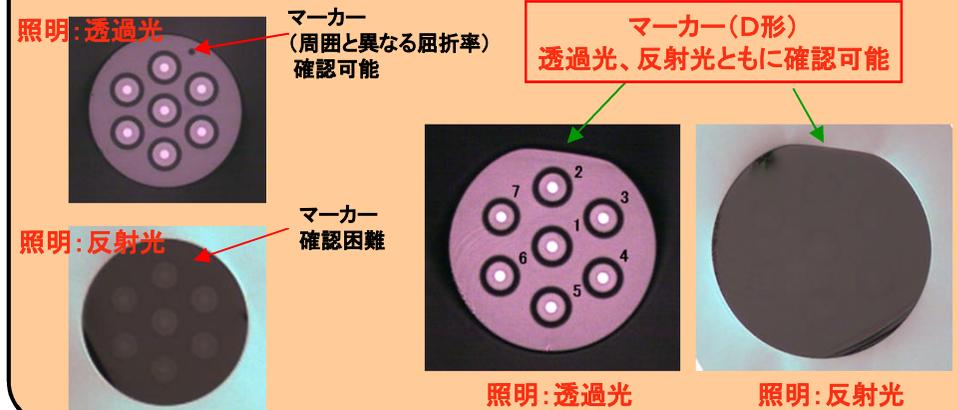
引張破断試験



動疲労試験

## マーカースの視認性

- 周囲と屈折率が異なるマーカースは、反射照明下では確認が困難となる。
- エアホール構造のマーカースは、視認性に優れるが水などの浸入が課題となる。
- D形の切欠きによるマーカースは、水などが浸入する問題も無く、視認性にも優れることを確認した。



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の研究開発	8 (3)	0	0	13 (9)	0	7 (4)	0

5. 研究成果発表会等の開催について

なし

6. 今後の研究開発計画

この成果により、今後、どのような研究を行うのかを例示を上げながら、具体的、かつ簡潔に記載して下さい。

マルチコア光ファイバの軸回転方向の調整をフリーにする接続技術の研究は、今後も革新的光通信インフラの研究開発(150イ0401)で継続して行う。マルチコア光ファイバの特性改善は、非円形ファイバの検討と同時に今後も継続して進める予定である。