

# 結合型マルチコアファイバ用光コネクタの接続特性



千葉工業大学 工学研究科 機械電子創成工学専攻 藤巻 悠己

## 1. はじめに

現在の光ファイバ通信では主にシングルモードファイバ (SMF: Single-Mode Fiber) が利用されており、SMF1本あたりの伝送容量は100Tbit/sが限界であることが明らかになっている。そこで、更なる大容量化を実現するために1本の光ファイバ内に複数のコアを有するマルチコアファイバ (MCF: Multi-Core Fiber) を用いた空間分割多重伝送 (SDM: Space Division Multiplexing) が注目されている。現在研究が行われているMCFを分類すると、各コアを独立した伝送路として用いる非結合型マルチコアファイバ (UC-MCF: Uncoupled Multi-Core Fiber) と近接したコア間で光信号を結合させ、マルチモードで信号を伝送する結合型マルチコアファイバ (C-MCF: Coupled Multi-Core Fiber) に大別できる。C-MCFはUC-MCFと比較してより長距離の信号伝送に適している。

一方でMCFを伝送路に用いる場合、着脱可能に接続できる光コネクタが必須となる。我々はいままでに、UC-MCFを接続するSC形光コネクタを開発し、実用に供することが可能な性能を有していることを確認している<sup>[1]</sup>。しかし、C-MCFの接続特性に関する報告はされていない。そこで、本研究ではC-MCF用SC形光コネクタの接続損失を国際電気標準会議 (IEC: International Electrotechnical Commission) に規定されるランダム接続試験によって測定した。また、測定結果とC-MCF用光コネクタの電磁界解析による軸ずれと接続損失の関係を示すシミュレーション結果<sup>[2]</sup>を比較する。

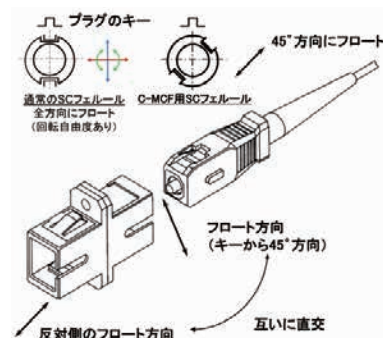
## 2. MCF用SC形光コネクタの構造

光コネクタは通常、ファイバケーブルに接続されているため、光ケーブルに数10N程度の外力が作用する可能性を考慮しなければならない。このような力が光コネクタと相互作用する場合、プラグハウジングは10 $\mu$ m以上変形し、SMFの調心許容範囲よりもはるかに大きくなる。この問題を解決するために、フェルールのフロート構造が広く使用されている。

MCFはSMFと異なりファイバ中心以外にコアが配置されているため、MCFを接続する場合にはフェルール軸回りの角度精度が必要である。しかし、角度精度とフェルールのフロート構造はお互い相反する要求である。この問題を解

決するために、オルダム・カップリング機構を有するMCF用SC形光コネクタが提案された<sup>[3]</sup>。MCF用SC形光コネクタは、引張荷重を加えた状態での伝送試験 (IEC 61300-3-51) など、通信ネットワークに使用するのに十分な機械的性能を備えている<sup>[4]</sup>。

図1は、MCF用SC形光コネクタの構造である。通常のSC形光コネクタのフェルールはプラグハウジング内で回転を含む全方向にフロートするのに対し、キー溝を狭くすることにより1方向のみにフロートするようにした。C-MCFの場合は、図1に示すようにキーから45°方向にフロートする構造とすることにより、同じプラグを対向させたときにオルダム・カップリング機構を構成する構造とした。



■ 図1.

## 3. 実験内容と結果

光ファイバ接続点において、光パワーの一部が漏れ出すことにより生じる接続損失の測定を試みた。C-MCFではコア間の光が結合するため、UC-MCFのように各コアの接続損失を測ることはできない。今回は表に示すような結合型12コア

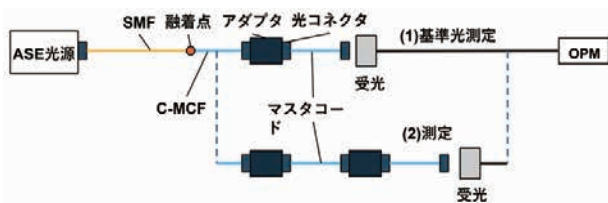
■ 表.

パラメータ	C-12CF
断面構造	
コアの材料	SiO <sub>2</sub>
クラッド径	125 $\mu$ m
コア半径	4.8 $\mu$ m
コア間距離	15.5 $\mu$ m
コア $\Delta$	-0.35%

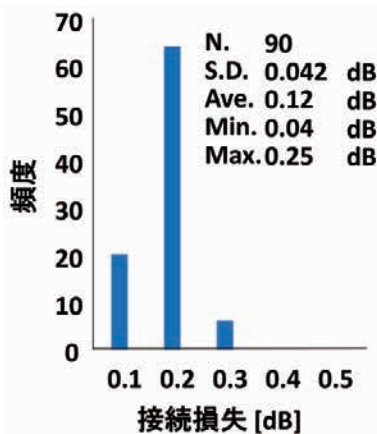


ファイバ (C-12CF) を用いてランダム接続損失 (IEC 61300-3-34) の測定を行った。ランダム接続による測定ではマスタとなる光コネクタ10個と、マスタに接続する光コネクタ9個とをすべての組み合わせで特性評価を行う。測定では、サンプルとして両端SC形光コネクタ付きC-12CFそれぞれ10本作製し、ASE光源 (波長1520~1570nm) を使用した。図2に、ランダム接続の測定系を示す。光コネクタプラグには、2章において示した結合時オルダム・カップリング方式のC-MCF用SC形光コネクタ<sup>[3]</sup>を使用した。

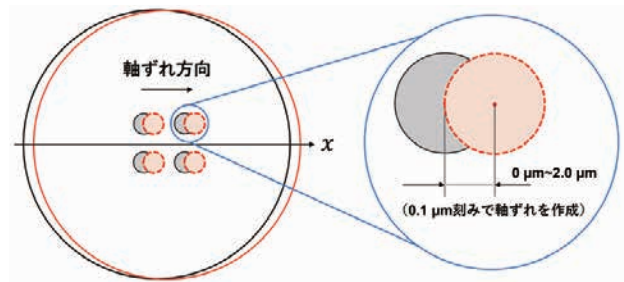
図3にC-12CF用光コネクタの接続損失の測定結果を示す。90接続点を測定し、平均0.12dB、最小値0.04dB、最大値0.25dBであった。以上の結果より、光コネクタの光学互換標準 (IEC 61755-1) におけるGrade B (97%が0.25dB以下) を満たす値を得ることができた。一方で、接続損失の支配的な要因は図4に示すような軸ずれである。図5に示すC-12CFの接続損失のシミュレーション結果<sup>[2]</sup>から、C-12CF用光コネクタの軸ずれを見積もると0.4~1.4 $\mu$ m程度であると考えられる。また、C-MCFはSMFと比較して曲げ損失が大きい<sup>[5]</sup>、測定系の配置の変化が光パワー変動の要因になるとともに、モードが変化すると図5に示すように接続損失が変化する可能性がある。よって、正確に接続損失を測定するには引き続き測定法に関する検討が必要である。



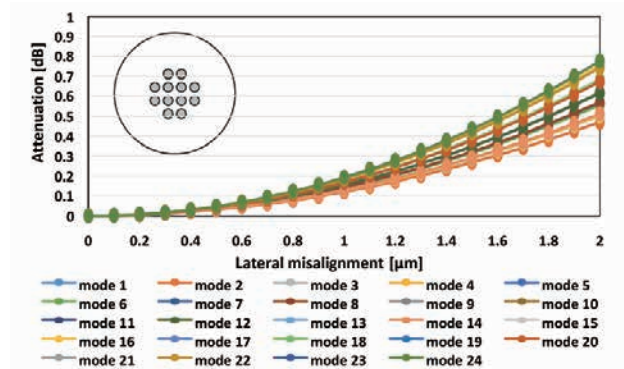
■ 図2.



■ 図3.



■ 図4.



■ 図5.

## 4. おわりに

本稿では、C-MCF用光コネクタの重要な特性の1つである接続損失をランダム接続によって測定し、接続損失の平均が0.12dBであることを報告した。IEC 61755-1におけるGrade Bを満たす値を得ることができたため、光通信ネットワークを使用するのに十分な光学的性能であるといえる。一方で、C-MCF用光コネクタの電磁界解析による接続損失のシミュレーション結果と比較すると、軸ずれは0.4~1.4 $\mu$ m程度であると考えられる。また、C-MCFは測定系の配置の変化が光パワー変動やモード変換の要因になる可能性があるため、正確に接続損失を測定するには測定法に関する再検討が必要である。

### 謝辞

本研究はNICT委託研究 (No.01010) の援助による。

### 参考文献

- [1] 上村他, 信学技報OCS2021-46 (2022).
- [2] 藤巻他, 信学技報OFT2023-10 (2023).
- [3] K. Imaizumi, et al, IWCS 2019, 8-1 (2019).
- [4] 井澤他, 信学技報EMD2020-34 (2021).
- [5] 今田他, 信学技報OFT2022-58 (2023).