# 誘導ブリルアン散乱を用いた数モードファイバ評価技術

## Few-Mode Fiber Evaluation Technique Using Stimulated Brillouin Scattering

NTT アクセスサービスシステム研究所　小田 友和，中村 篤志，飯田 大輔，押田 博之

NTT Access Network Service Systems Laboratories,

Tomokazu Oda, Atsushi Nakamura, Daisuke Iida, Hiroyuki Oshida

E-mail: tomokazu.oda.mz@hco.ntt.co.jp

大容量光ファイバ通信システムの実現に向け，モード分割多重(MDM)通信が近年盛んに研究されている[1]. MDM では，モード間の損失差が伝送容量を制限する要素の一つであるため，数モードファイバ(FMF)伝送路中のモード毎の損失やクロストーク(XT)といった伝搬特性をファイバ長手方向で分布的に評価することは重要である. 特に，高次モードは伝搬に伴い電界分布が変化し，それに応じて損失や XT が変化するため，その変動も把握する必要がある．FMF の分布測定法としては，光時間領域反射測定法(OTDR)を用いた測定法が提案されている[2]．この手法では，試験光パルスおよび後方散乱光が受けた損失や XT の平均値が得られるが，レイリー散乱により試験光パルスから後方散乱光が生成される際に，試験光パルスと異なるモードにも結合し，試験光パルスと後方散乱光のモード励振状態が異なる場合がある．したがって，平均値を取得する OTDR を用いた測定法では，試験光パルスと後方散乱光が受ける損失や XT の違いにより，伝送路を正しく評価するのが困難である.

そこで我々は，FMF 伝送路中における片道のモード毎の損失や XT を取得するため，誘導ブリルアン散乱を用いた評価技術を提案してきた．図 1 に提案法の概念図を示す．本測定では，任意のモードのポンプ光とプローブ光を FMF 中で衝突させ，プローブ光にブリルアン利得を発生させる．ここで FMF では，ブリルアン利得が発生する周波数差が，図 2 に示すように，ポンプ・プローブとして用いるモードの組み合わせによって異なる特性を持つ．この特性を利用し，FMF に入射するポンプ・プローブのモードと周波数差を制御することで，FMF 中で任意モード間の利得を選択的に励振できる．ブリルアン利得量は，ポンプ光がプローブ光と衝突するまでに受けた片道の損失および XT 情報を含むため，これを解析することにより各モードの伝搬特性を取得することが可能となる．また，ファイバ断面方向の利得分布を解析することで，FMF 中における電界分布の情報の取得が可能である.

本講演では，提案法を接続点における片道の損失や XT の測定に適用した結果[3,4]について紹介する．また，FMF 中の高次モードの電界分布を取得するために，ブリルアン利得測定にイメージセンサを適用した結果[5]についても報告する.

[1] T. Morioka *et al.*, IEICE Trans. Commun., E100–B, 9 (2016).
[2] H. Kubota *et al.*, IEICE Commun. Express, **5**, 11 (2016).
[3] T. Oda *et al.*, Proc. ECOC2018, We2.7 (2018).
[4] H. Takahashi *et al.*, Proc. OFC2017, Th4H.3 (2017).
[5] T. Oda *et al.*, Proc. APOS2018, Wed_8 (2018).

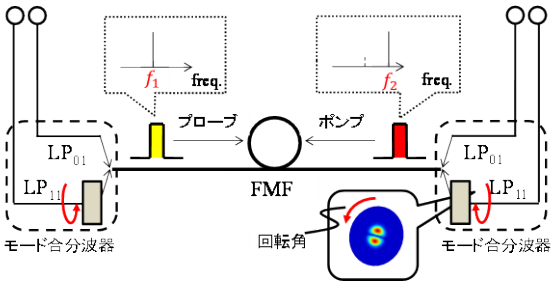


図 1 測定法の概念図.

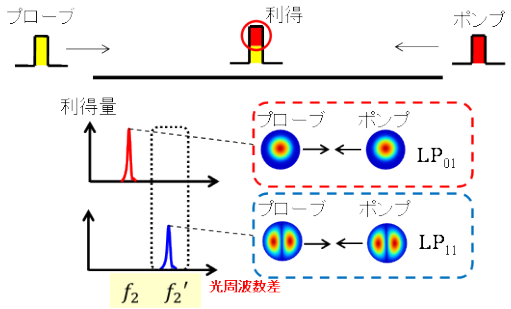


図 2 周波数制御によるモード選択.