

光通信

進藤 正昭 (株)ジェイアール総研電気システム 信号通信部長)

はじめに

1960年代前半におけるレーザーの発明と1970年代の低損失光ファイバの実現で、従来の通信にはない種々の利点を持つ光通信が登場しました。民営分割化前の国鉄においても、1978年からは光通信の鉄道分野への導入可否、1982年度以降は光通信の実用化に向けての研究開発が進められました。鉄道技術研究所(当時、以下、技研)は国鉄本社の附属機関であり、本社の技術課題として「鉄道における光通信の導入」の研究を行っていました。

技研—中央鉄道学園間光ファイバケーブルの損失変化

光通信を実用するには、鉄道沿線の激しい振動や厳しい温度変化などの条件下における光ファイバケーブルの信頼性・特性の経時変化を把握する必要があります。そこで、技研—中央鉄道学園間に光ファイバケーブルを敷設し、鉄道沿線に敷設される光ファイバの特性を把握しました。図1にケーブルルートを示します。中央鉄道学園の信通実習棟と技研環境管理室に端局、西国分寺駅と国立駅に配線箱を設けました。また、光ファイバケーブルはSIファイバ(屈折率がコアとクラッド間で階段状に変化)4心とGIファイバ(屈折率がコアとクラッド間でなだらかに変化)4心で構成されていました。

光ファイバの経年劣化を把握するために光ファイバの損失を測定しました。光ファイバの損失測定は、図2に示すように送信側からダミーファイバを通して光源から光を入れて、受信側で受光レベル差を計測します。光ファイバの大きな特長として、低損失があります。その上、技研—中央鉄道学園間は通常の測定距離に比べて短く受光レベル差が小さいため、測定誤差を小さくする必要があります。光

の測定では、伝送路途中の光コネクタにほこりがあると光レベルが下がってしまいます。これらを改善するため、測定時には光コネクタの端面をアセトンで洗浄することにしました。また、光コネクタの締め具合で光レベルが微妙に変動するため、レベル計で受光レベルを確認しながら送受信間の光コネクタの締め具合を調整することにしました。技研—中央鉄道学園で6区間の光ファイバの損失測定を効率的に行うため、送信班、受信班、中間班を編成した記憶があります。

測定結果例を図3に示します。図は短波長(波長0.85 μ m)の測定結果です。短波長、長波長(波長1.3 μ m)ともに、光損失の経年劣化は測定した範囲において見られず、鉄道環境が光通信実用の障害にならないことが分かりました。

可視光による光ファイバ応急接続

光通信導入後には、光ファイバケーブルを保守する必要があります。そこで、切断などの障害が発生した場合に保守者が現場で行う応急接続方法を考案しました。図4に応急接続の手順を示します。特長は、可視光を用いて接続部から漏れる光を見ながら接続を行うことです。接続で大事なことは接続損失を小さくすることで、接続部から漏れる

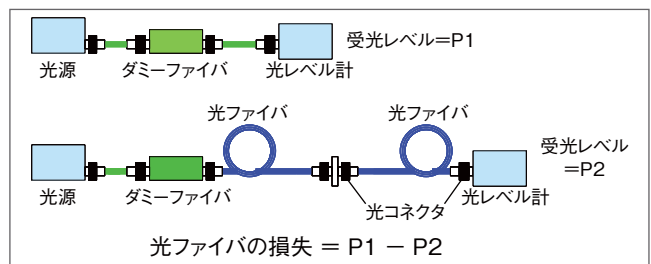


図2 光ファイバの損失測定方法

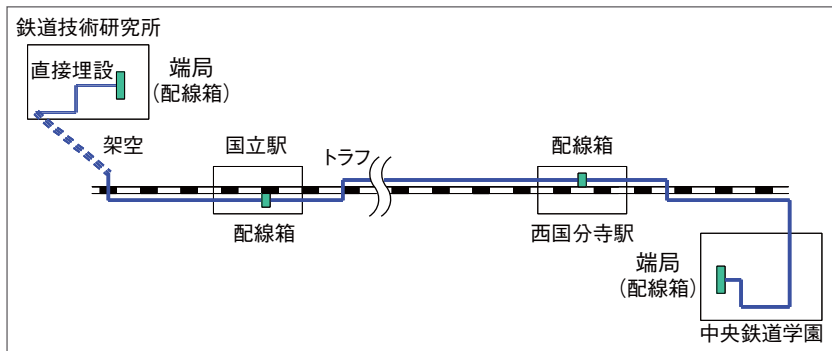


図1 技研—中央鉄道学園間光ファイバケーブルルート

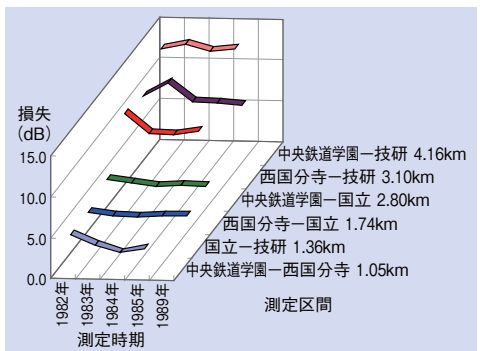


図3 技研—中央鉄道学園間の光ファイバ損失例

光の量を小さくすれば接続損失が小さくできます。応急接続の有効性を実証するため、当時の研究室や他研究室の多数の方に実験をして頂いて接続損失データを積み重ねた記憶があります。実験の結果、考案方法により光ファイバの接続の経験がなくても短時間・一定損失以下で応急接続できることが分かりました。

振動による光ファイバ損失変動

技研-中央鉄道学園間に敷設した光ケーブルは、在来線沿線における光ファイバの特性を把握したものでした。これに対し新幹線では、在来線と比べて列車走行に伴う振動がより大きいと考えられました。そこで、光通信の新幹線沿線への適用可能性を確認するため、実用光ファイバケーブル（GIとSM（対象となる波長で1つのモードしか伝搬しない光ファイバ））を図5に示す新幹線相模川橋梁付近に敷設して、列車走行による光ファイバへの影響を測定することにしました。

図6に、SMファイバの橋梁部損失変動例を示します。新幹線沿線に敷設された光ファイバケーブルの伝送損失は接続部を除くと列車走行時の振動によって全く影響を受け

ないこと、橋脚上および高架上のケーブル接続部では振動による損失変動は発生しないこと、橋梁部で損失変動が生じるが0.02dB程度に収まること、などが分かりました。

おわりに

1978年度から開始した鉄道分野での光ファイバ通信方式の研究の中で、私が関与した一端を紹介しました。当時の通信研究室では、この他にも、光ファイバケーブルの敷設工事、光ファイバによる画像伝送、光複合ケーブル、光ファイバケーブル接続部など、光通信を導入するためのさまざまな課題について研究していました。

光通信は導入期以降進展を重ね、GIファイバによる公衆通信（1981）、SMファイバによる中継伝送路（1983）、日本縦貫路完成（1985）、光ファイバアンプ（光直接増幅）の実用化（1989）、WDM55波×20Gb/s150km実験（1996）、コヒーレント光通信10Gb/s周波数変調成功（2005）、量子暗号2.5Gb/s開発（2006）など多くの実用化・研究開発が行われています。鉄道分野でも、光通信技術は、通信以外に電気、車両、土木など広範囲に応用されています。光通信が家庭に入りより身近なものになる今日、光通信導入期に光通信を研究する機会が得られ、種々の貴重な体験をすることが出来ました。機会を与えてくれた皆様に感謝するとともに、光通信の動向に関して今後も注視したいと思っています。

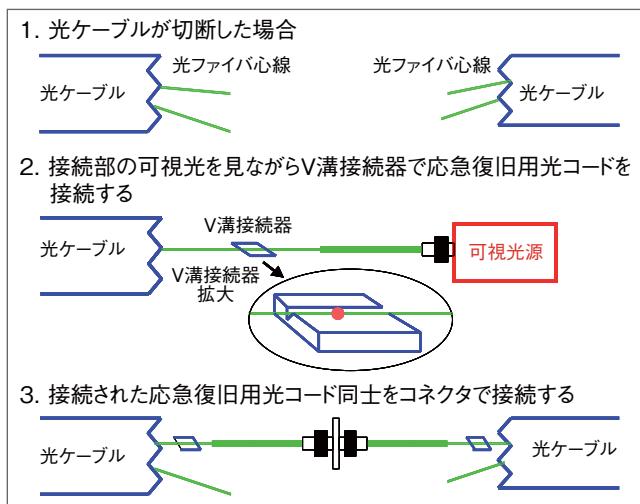


図4 可視光による光ファイバ応急接続

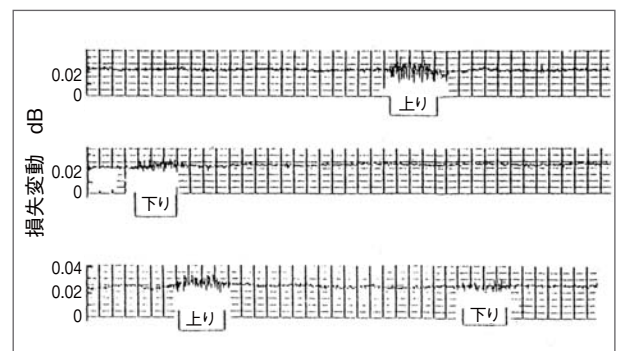


図6 光ファイバ損失変動例（橋梁部SMファイバ）

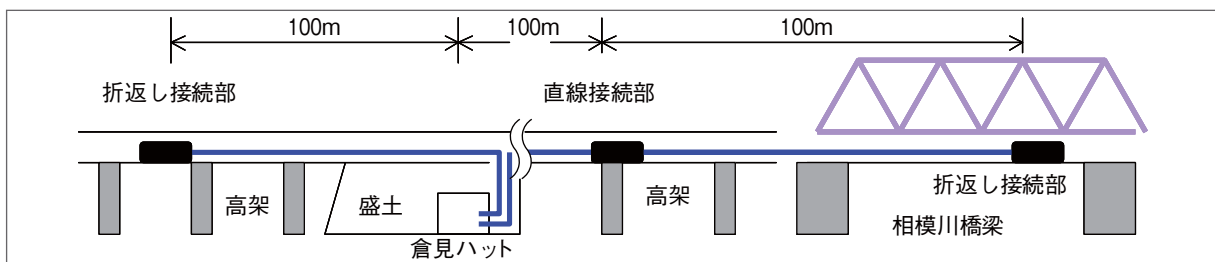


図5 新幹線相模川橋梁付近に敷設した光ファイバケーブル