

# 新型多心融着接続機FSM-50Rシリーズ

光機器事業部 高橋建次\*1・大澤孝治\*1・菅原洋\*1・大谷拓\*1  
田端学\*1・小沼朋裕\*1・土田隆博\*1

## New Mass Fusion Splicer FSM-50R Series

K. Takahashi, K. Ohzawa, H. Sugawara, T. Ohtani,  
M. Tabata, T. Konuma & T. Tsuchida

中長距離光伝送路の超多心光ファイバケーブルに加え、近年国内をはじめ海外でも本格化しつつあるFTTxにおける光ファイバの敷設においては、多心、単心の固定V溝型融着接続機を用いることが多い。特にFTTx工事においてはそのトータルコストを削減するために、融着接続機の小型軽量化はもとより、接続作業内容の簡素化と高速化、およびスキルレス化が必須である。今回これらの要求を実現し12心までの光ファイバを一括接続可能なFSM-50R、4心までの接続が可能なFSM-17R、単心専用機FSM-17Sを開発した。

Fixed V-groove fusion splicers are commonly used in the installation of fiber optic cables, including FTTx applications, in Japan and worldwide. Splicer users, especially those deploying new FTTx applications, increasingly are requiring splicers to be light and have a compact form factor, in addition to being fast and easy to use. Fujikura has introduced a several new Fixed V-groove splicers to meet these demanding requirements. The FSM-50R is used to splice up to 12 fiber ribbons, the FSM-17R is used for splicing up to 4 fiber ribbons, and the FSM-17S is used for single fiber splices. Each of these splicers include multiple advanced features to meet the demanding requirements of customers in Japan and worldwide.

### 1. ま え が き

昨今中国をはじめとするアジア諸国では通信インフラとしての光ファイバネットワークの拡充が盛んである。その一方、一般家庭やオフィスなどを光ファイバで結ぶFTTx環境が現実のものとなった日本国内をはじめ、米国などにおいてもFTTxの環境整備が着々と行われつつある状況である。

多様化する光ファイバ敷設作業環境は光ファイバ融着接続機に対し、単なる小型軽量化のみではなく融着接続作業および接続点の加熱補強作業の作業時間短縮を必要不可欠なものとしている。またユーザー層の拡がりに対応して、熟練、非熟練作業者のいずれに対しても使いやすく、失敗接続を防止することも重要な機能として要求されている。

これらに対応すべく、以下の特徴を有する新型固定V溝型融着接続機FSM-50Rシリーズを開発した。

- (1) 世界最速：SMファイバ接続時間20秒
- (2) 世界最軽量：2.65kg
- (3) 容易な作業性：ファイバ整列機構などを搭載
- (4) 少ない操作数で接続完了

- (5) 失敗接続防止機能：リアルタイム自動放電校正機能などを搭載

当シリーズの融着接続機には接続可能な心線数により表1に示すラインナップが準備されている。

表1 シリーズ各機種の対応心線数  
Variation of new splicer

型式名	心線数
FSM-50R	1~12心
FSM-17R	1~4心
FSM-17S	1心
FSM-17S-FH	1心 (ファイバホルダ方式)

### 2. 装置の概要

装置外観を図1に示す。

従来機との仕様比較を表2に示す。

以下にその詳細を説明する。

### 3. 詳 細

#### 3.1 高速化

##### 3.1.1 接続時間の短縮

FSM-50Rシリーズではファイバの前進／後退機構の刷新を行い、ファイバ突合わせにかかる時間を大幅に短縮した。また接続点の損失推定を高速演算するようハード

\*1 精密機器製品部



図1 新型融着接続機の装置外観 (FSM-50R)  
Appearance of new fusion splicer (FSM-50R)

表2 仕様比較 (12心機)  
Comparison of specifications

項目	新型機 FSM-50R	従来機 FSM-30R
1. 携行性		
寸法	150×150×150mm	150×150×150mm
質量 (AC電源込み)	2.65kg	3.1kg
2. 接続性能		
平均接続損失	SMF : 0.05dB	SMF : 0.05dB
融着接続時間	20秒	30秒
補強加熱時間	45秒	100秒
バッテリー接続回数	140接続*	30接続
3. 操作性		
接続手順回数	11回	22回
作業時間	93秒/接続	178秒/接続
操作補助機能	補強スリーブ 位置合わせ機能	—
操作方向変更	可	不可
液晶モニター	5.6インチ	5.0インチ
4. 失敗接続防止機能		
放電強度校正	自動校正	手動校正
ファイバ整列	自動	手動
加熱器ファイバ整列	自動	手動

\*バッテリーL (オプション) 使用時

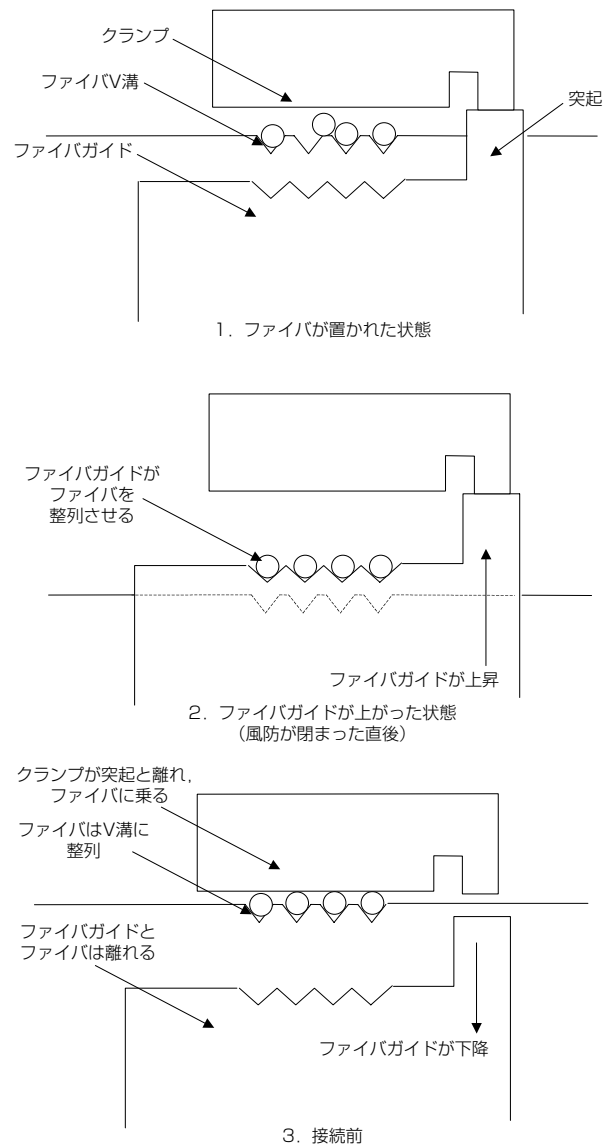


図2 新型ファイバガイド機構の概要  
New fiber guide system

ウェア/ソフトウェアの最適化を行った。この結果、SMファイバで平均融着接続時間20秒を実現した。

3.1.2 補強加熱時間の短縮

従来機においては補強加熱器の中央にのみヒータを配置し、左右のエリアでは放熱を利用して温度勾配を作り、補強スリーブ内の気泡を左右に押し出すことで気泡混入を防止していた。FSM-50Rシリーズでは複数の容量の異なるヒータを配置し、同時加熱制御することにより、温度勾配をつける構造としたため、熱伝導に無駄が無く、長さ40mmの12心用補強スリーブで平均補強加熱時間45秒、8心、4心用補強スリーブで40秒を達成した。

3.2 軽量化

固定V溝型融着接続機はファイバ敷設現場にて使用されることが多く、精密機器でありながらも高信頼性が要求される。しかしながら、その作業環境の多くが柱上や地下であり、その場へ搬入、設置、撤去、搬出する必要があるために融着接続機本体の軽さも重要視されている。

このようなニーズに応えFSM-50Rシリーズの主要部品はマグネシウムダイキャストを採用し、堅牢性と軽量を両立すべく構造を最適化した。その結果ACアダプタを含み2.65kgと世界最軽量を実現した。

3.3 操作性向上

3.3.1 V溝への光ファイバセット性の向上

従来の多心光ファイバ融着接続機においては、口出しされた光ファイバ心線を微細な固定V溝に人手によりセットすることが非常に困難であった。

このため、従来はFTTx接続作業に代表される架空での接続作業において、作業者の体勢と融着接続機の取り合いが必ずしも常時一定でない状況においても作業者はV溝に光ファイバを確実にセットするために、無理な体勢をして融着接続機の真上に視点を置く必要があった。

一方幹線系の接続作業においては照度が十分でない地下作業であるにもかかわらず、微細なV溝を確実に判別し

表3 接続作業の比較  
Comparison of splice operation

新型機 FSM-50R		従来機 FSM-30R	
11手順 93秒		22手順 180秒	
5秒	1. 左光ファイバをセットする 2. 右光ファイバをセットする 3. 風防を閉める	1. 左光ファイバをセットし、ホルダクランプを閉じる 2. 右光ファイバをセットし、ホルダクランプを閉じる 3. 左ファイバクランプを閉じる 4. 右ファイバクランプを閉じる 5. 風防を閉める 6. SETボタンを押す	15秒
20秒	〈光ファイバ融着接続〉	〈光ファイバ融着接続〉	30秒
20秒	4. 風防を開ける 5. 左ホルダ蓋開放 6. 右ホルダ蓋開放 7. 光ファイバの取り出し 8. 補強スリーブの位置合わせ 9. 補強加熱器に装着 10. HEATボタンを押す	7. 風防を開ける 8. 左ファイバクランプ開放 9. 右ファイバクランプ開放 10. 左ホルダ蓋1開放 11. 右ホルダ蓋1開放 12. 左ホルダ蓋2開放 13. 右ホルダ蓋2開放 14. 光ファイバの取り出し 15. 補強スリーブの位置合わせ 16. 補強加熱器に装着 17. 接続点の位置合わせ 18. 加熱器の蓋を閉じる 19. HEATボタンを押す	30秒
45秒	〈スリーブ加熱収縮〉	〈スリーブ加熱収縮〉	100秒
3秒	11. 光ファイバの取り出し	20. 光ファイバの取り出し 21. 左ホルダクランプを外し、ホルダを取り出す 22. 右ホルダクランプを外し、ホルダを取り出す	5秒

なければならないため、別途照明を用意する必要があった。

FSM-50Rにおいてはこの点に注目し、下記の対策を実施して、容易に光ファイバをV溝にセットすることができる環境を実現した。

- ・テープ光ファイバの幅に対してファイバホルダの溝幅を最適化した。
- ・ファイバホルダを装置に装着する際に生じるガタを最適化した。
- ・セットするだけでV溝に載らなかった光ファイバを自動的にV溝に載せることができるファイバガイド機構を採用した。

これらの対策のうち、新型ファイバガイド機構の概要を図2に示す。

FSM-50Rシリーズのうち多心光ファイバ融着接続機であるFSM-50RおよびFSM-17Rにこの機能を搭載し良好な作業性を実現した。

### 3.3.2 接続手順回数, 接続所要時間の削減

FSM-50Rシリーズでは表3のように接続手順回数を11回に削減し、作業時間を93秒に短縮した。これにより従来機においては一接続あたりの光ファイバの接続作業時間(口出し作業～融着接続～補強加熱)が約5分であったのに対し、FSM-50Rシリーズにおいては約3分と大幅な短縮

が可能となった。

### 3.3.3 補強加熱器の操作性向上

FSM-50Rシリーズには先行発売されたFSM-50Sに搭載されている光ファイバ接続点と補強スリーブ中点を補強加熱器の中央に位置合わせする補助機能が搭載されている。

それに加え、光ファイバテープ心線の接続点を整列させるために加熱開始とともに自動で一定の張力を加える機構を搭載している。これらの機構により、補強加熱器に関しても従来機に比して飛躍的に向上した作業性を実現している。

### 3.3.4 作業環境に応じた操作方向の変更機能

光ファイバケーブルの接続作業では、光ファイバ余長や接続点収納部(クロージャ)の配置に応じて、融着接続機の最適な操作方向が変化する。FSM-50Rシリーズでは先行発売のFSM-50Sと同様にモニタを前後どちらにも配置できるように装置の前後方向いずれにも操作キーを配置し、モニタの跳ね上げ角を自由に設定できる構造とした。またソフトウェアでの切替えにより画面表示が上下入れ替わるようにしたことにより、作業現場の状況に応じユーザーが簡単にモニタ配置方向を切替えできるようにした。

### 3.4 失敗接続の防止機能

#### 3.4.1 リアルタイム自動放電校正

光ファイバ融着において安定した低接続損失を得るためには、光ファイバに与える熱量が常に最適であることが好ましい。しかし周囲環境(気圧・温度・湿度)や、電極棒の状態は刻々と変化するため、放電電圧・電流値を一定に制御しても、光ファイバに与える放電熱量は必ずしも一定とはならない。このばらつきが一定の範囲を超えると接続損失に悪影響を与えることとなる。

そこで従来は融着接続機に各種センサを搭載し、周囲環境の変化に対応した放電強度の補正を行っていた。しかしながら、電極棒の状態変化による放電強度の変化を補正する機能は搭載していなかったため、作業者がケーブル接続開始前に接続時の放電パワーで光ファイバの溶け量を検査し、一定の範囲の溶け量となるようパワーを補正する必要があった。

この溶け量検査は作業前に一対の光ファイバの口出しを行って融着接続機にセットする必要があり、作業前のタイムロスとなっていた。また、必ずしも溶け量検査を実施せずに作業を開始してしまう作業者もいたため、常時好ましい条件で融着接続が行われなかったケースも発生していた。

FSM-50Rでは上記改善のため、既にFSM-50Sで搭載済みの自動放電校正機能(放電中の光ファイバの熱発光現象を利用して放電熱量をリアルタイムに自動補正する)を多心接続に適応させた。

12心ファイバの接続中における熱発光の様子を図3に示す。実際の輝度判定は図3における縦方向に配置した複数のカーソル上の輝度を光ファイバ長手に積算させ熱量を

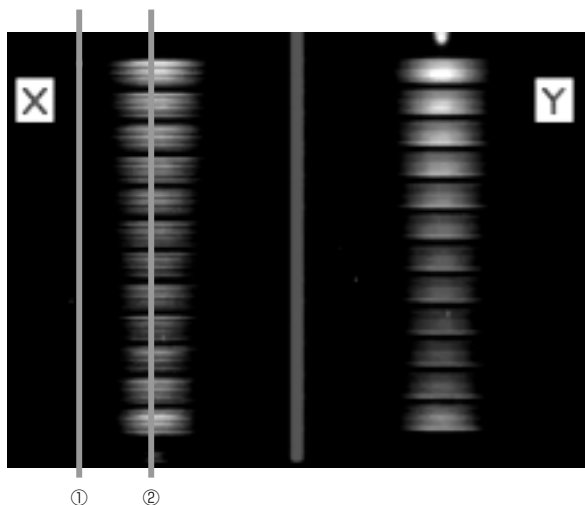


図3 光ファイバの熱発光現象画像  
Thermal luminescence of optical fiber

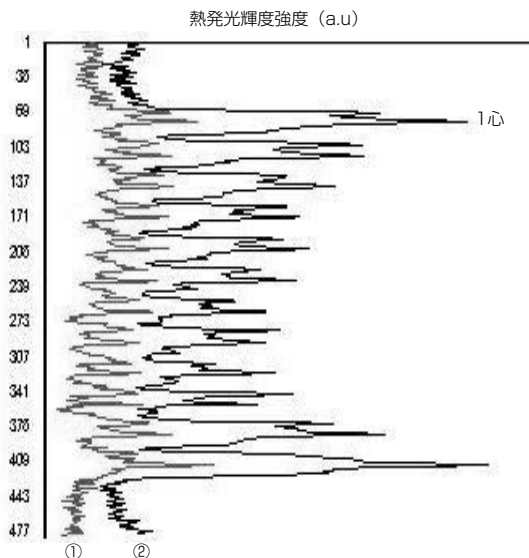


図4 熱発光状況の輝度画像処理結果  
Analyzed fiber luminescence on cursors

判定する手法をとっている。図3中①、②で示すカーソルにおける輝度分布の一例を図4に示す。

また熱発光輝度強度には心線ごとの差があるが、光ファイバの熱発光輝度と放電電流には図5のような相関があり、この相関関係は装置による差がほとんど無い。これにより、放電パワーと熱発光輝度の相関式を導出することができる。図6はSMファイバにおける相関式の一例である。

以上の検討結果より、融着接続ごとに光ファイバの熱発光輝度を測定し、最適放電熱量から得られる基準熱発光輝度との差を放電回路へフィードバックすることで、

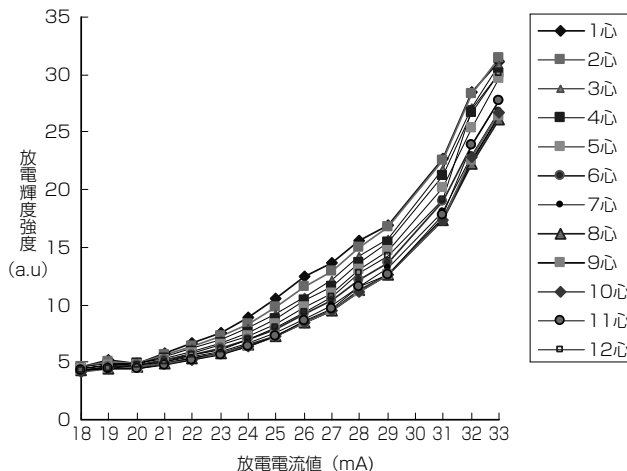


図5 放電電流と熱発光輝度の相関  
Relation between arc discharge current and thermal luminescence

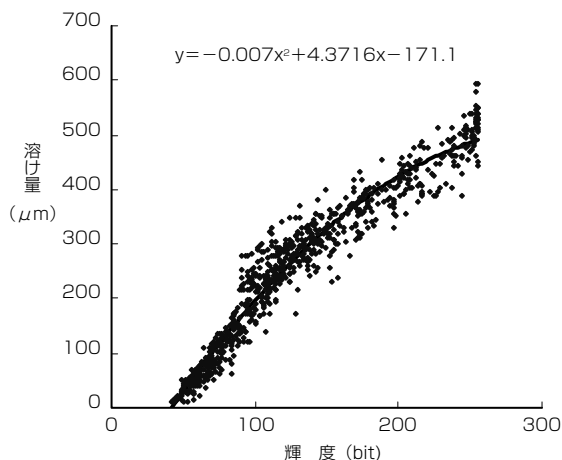


図6 光ファイバ溶け量と熱発光輝度の相関  
Relation between melt-back amount & current and thermal luminescence

高精度なりアルタイム自動放電校正が実現可能になる。この機能により、いかなる状況においても安定した接続損失を得ることができる。

#### 4. む す び

今回開発した固定V溝型融着接続機FSM-50R, FSM-17R, FSM-17Sは、世界最速/最軽量の実現のみならず、種々の操作性向上や失敗接続防止機能を搭載し、融着接続作業の効率化、融着接続の高性能化を実現することができた。