

光システム設計について (基礎編：光ファイバ)

2022年度

株式会社FEN

光システム設計(基礎編:光ファイバ)

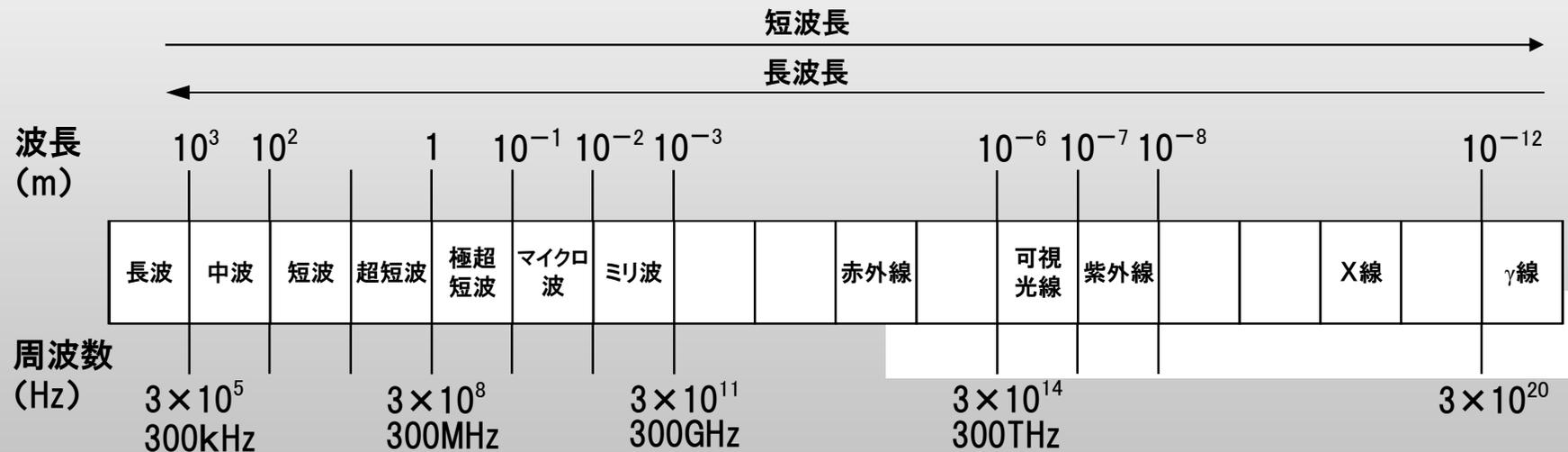
目次

1. 光とは
2. SI単位
3. 光の基本性質(臨界角と全反射)
4. 光ファイバの光の伝搬
5. 光ファイバの分類
6. 光ファイバの伝送特性
7. 光ファイバの形態
8. 光ファイバの接続

1. 光とは

石英系光ファイバに使用されている光信号は、近赤外線の領域の波長が使用される。
近赤外線は目で見ることができない。

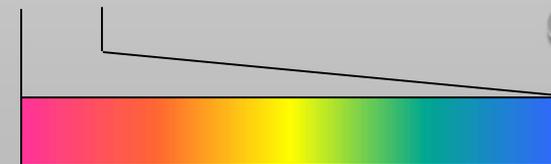
光通信では0.85 μm～1.65 μmの波長領域が使用されている。



$$\text{波長}(\lambda) = c / f$$

c: 光速 $3 \times 10^8 \text{m/s}$

f: 周波数(Hz)



0.7 μm

0.38 μm

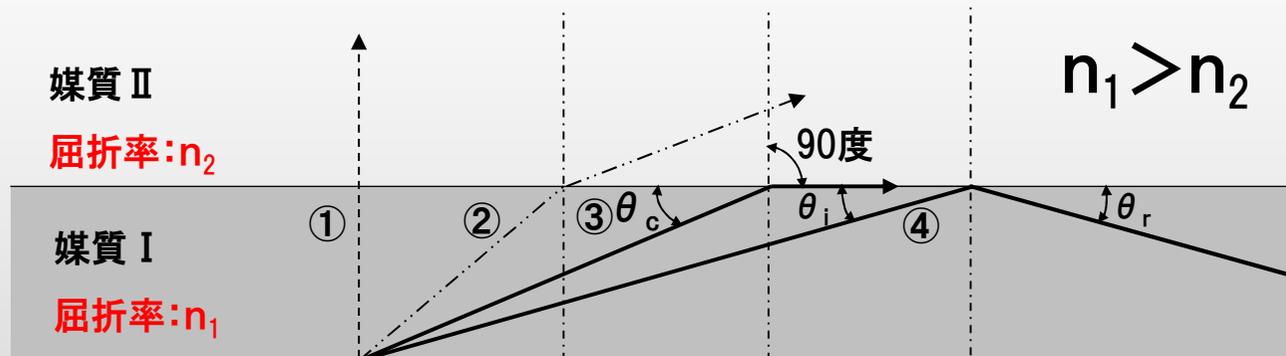
2. SI単位

10^n	SI接頭辞	記号	十進数表示	10^n	SI接頭辞	記号	十進数表示
10^{12}	テラ(tera)	T	1 000 000 000 000	10^{-12}	ピコ(pico)	p	0.000 000 000 001
10^9	ギガ(giga)	G	1 000 000 000	10^{-9}	ナノ(nano)	n	0.000 000 001
10^6	メガ(mega)	M	1 000 000	10^{-6}	マイクロ(micro)	μ	0.000 001
10^3	キロ(kiro)	k	1 000	10^{-3}	ミリ(milli)	m	0.001
10^2	ヘクト(hecto)	h	1 00	10^{-2}	センチ(centi)	c	0.01
10^1	デカ(deca)	da	1 0	10^{-1}	デシ(decy)	d	0.1
10^0	N/A	N/A	1				

1m(1メートルが基準)

Copyright © 2022 FEN Co.,Ltd All Rights Reserved.

3. 光の基本性質（臨界角と全反射）



光の入射角 θ_1 を段々と小さく(①→④)していくと屈折角 θ_2 (前ページ参照) は常に先に小さくなり、“0”になることができる。

そのときの角度を「**臨界角**」という。

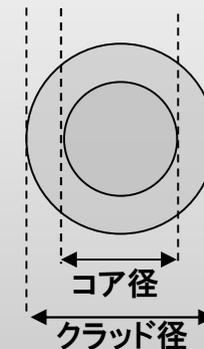
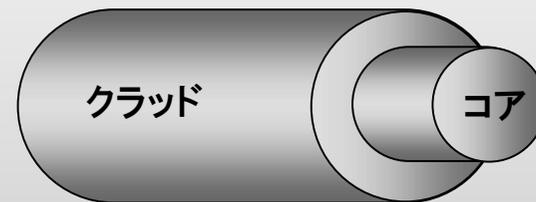
$$\theta_c = \cos^{-1} n_2 / n_1$$

臨界角よりも入射角が小さい場合、境界面においてすべての光が反射される現象が発生します。この現象を「**全反射**」と呼び、入射角と反射角は等しくなる。

4. 光ファイバの光の伝搬

光ファイバは、ガラスやプラスチックで構成された、屈折率の高い透明な物質の周囲を屈折率の低い物質で包んだ構造となっている。

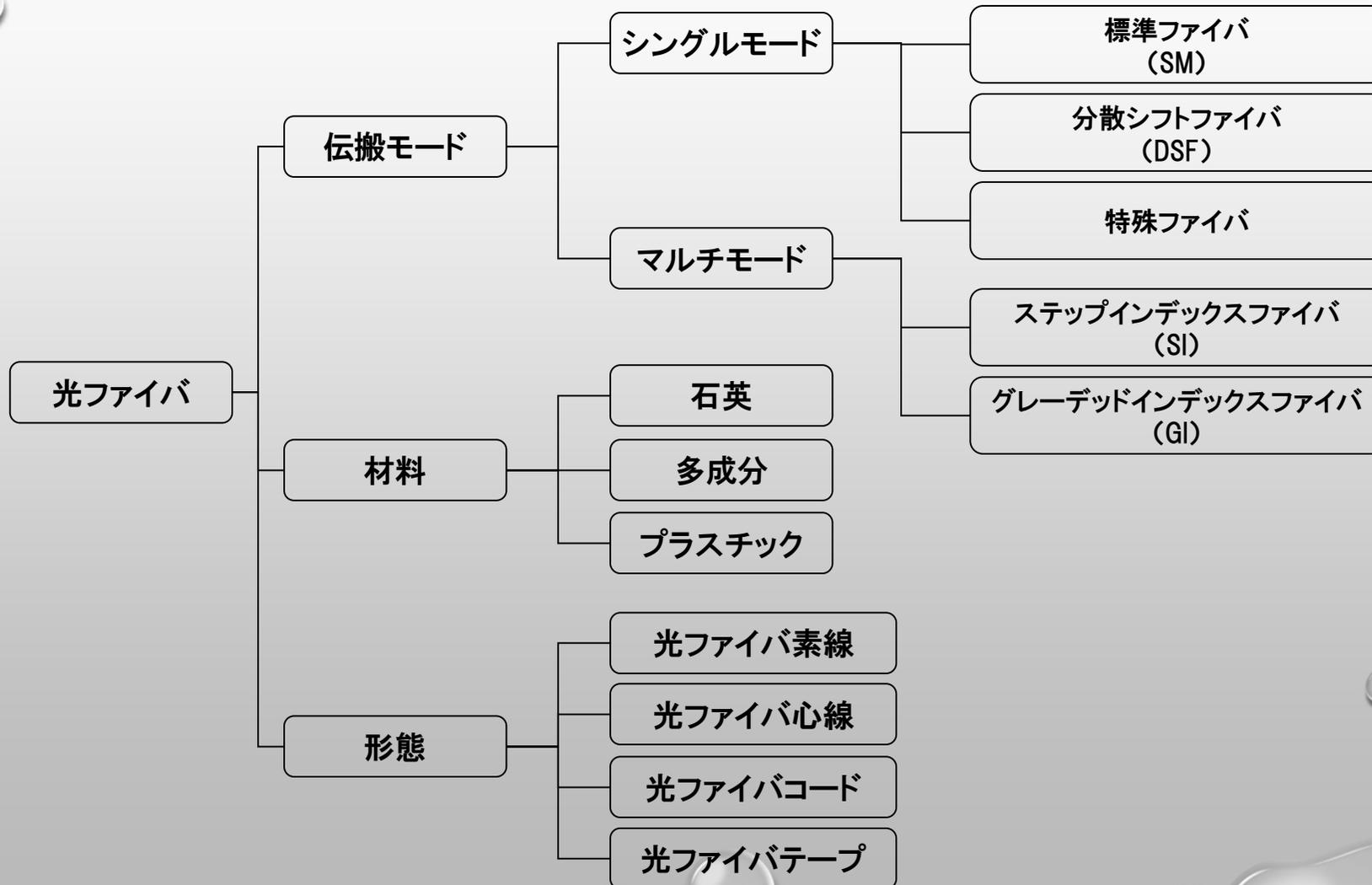
この屈折率の違う2重構造が光ファイバの基本的な構造となる。



光ファイバは、「**全反射**」の原理を利用して、光ファイバの屈折率の高い領域、すなわち「コア」に光の信号を閉じ込めて伝搬している。



5. 光ファイバの分類



5-1. 光ファイバの分類(シングルモードファイバ)

光ファイバの種類	SM	SM (広帯域)	SM (曲げ特性強化)	SM (広帯域+曲げ特性強化)	
規格	IEC60793-2-50 B-652.Bタイプ	IEC60793-2-50 B-652.Dタイプ	IEC60793-2-50 B-652.Bタイプ	IEC60793-2-50 B-652.Dタイプ B-652-A1タイプ	IEC60793-2-50 B-652.Dタイプ B-652-A2タイプ
※1	ITU-T G.652.B準拠 OS1準拠	ITU-T G.652.D準拠 OS1,OS2準拠	ITU-T G.652.B準拠 OS1準拠	ITU-T G.652.D準拠 ITU-T G.657.A1準拠 OS1,OS2準拠	ITU-T G.652.D準拠 ITU-T G.657.A2準拠 OS1,OS2準拠
伝送損失	0.4dB/km ($\lambda = 1310\text{nm}$)	0.4dB/km ($\lambda = 1310\text{nm}$) 0.35dB/km ($\lambda = 1383\text{nm}$) 0.3dB/km ($\lambda = 1550\text{nm}$)	0.4dB/km ($\lambda = 1310\text{nm}$)	0.4dB/km ($\lambda = 1310\text{nm}$) 0.35dB/km ($\lambda = 1383\text{nm}$) 0.3dB/km ($\lambda = 1550\text{nm}$)	0.4dB/km ($\lambda = 1310\text{nm}$) 0.35dB/km ($\lambda = 1383\text{nm}$) 0.3dB/km ($\lambda = 1550\text{nm}$)
曲げ半径	30mm	30mm	15mm	15mm	7.5mm
特長		CWDM、DWDM伝送	コンパクト収容	CWDM、DWDM伝送 コンパクト収容	高屈曲箇所

※1: JIS X 5150およびISO/IEC 11801の光ファイバ種別を示す

5-2. 光ファイバの分類(マルチモードファイバ)

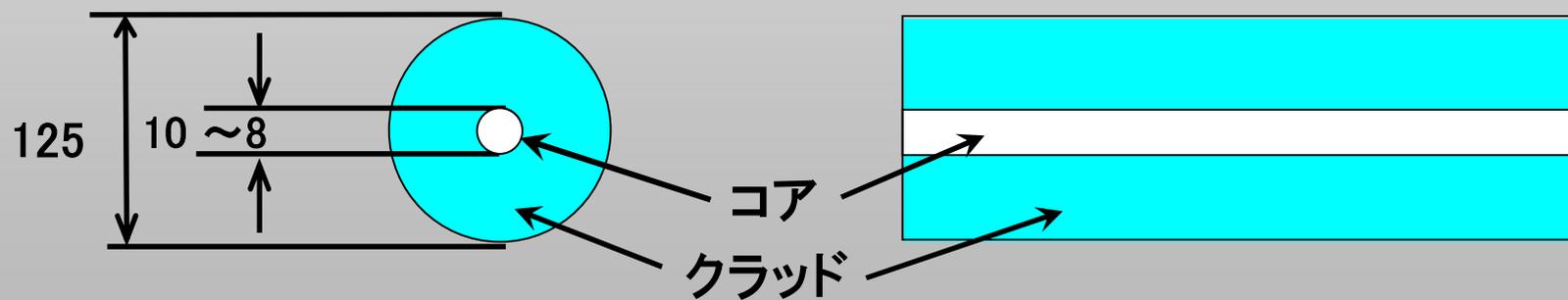
光ファイバの種類	GI	GI (10G)	GI (10G+)	GI (62.5)
規格	IEC60793-2-10 A1-OM2タイプ	IEC60793-2-10 A1-OM3タイプ	IEC60793-2-10 A1-OM4タイプ	IEC60793-2-10 A1-OM1タイプ
※1	OM2準拠	OM3準拠	OM4準拠	
伝送損失	3.0dB/km ($\lambda=850\text{nm}$) 1.0dB/km ($\lambda=1300\text{nm}$)	3.0dB/km ($\lambda=850\text{nm}$) 1.0dB/km ($\lambda=1300\text{nm}$)	3.0dB/km ($\lambda=850\text{nm}$) 1.0dB/km ($\lambda=1300\text{nm}$)	3.5dB/km ($\lambda=850\text{nm}$) 1.5dB/km ($\lambda=1300\text{nm}$)
伝送帯域	500MHz・km以上 ($\lambda=850\text{nm}$) 500MHz・km以上 ($\lambda=1300\text{nm}$)	1500MHz・km以上 実効帯域 2000MHz・km以上 ($\lambda=850\text{nm}$) 500MHz・km以上 ($\lambda=1300\text{nm}$)	3500MHz・km以上 実効帯域 4700MHz・km以上 ($\lambda=850\text{nm}$) 500MHz・km以上 ($\lambda=1300\text{nm}$)	200MHz・km以上 ($\lambda=850\text{nm}$) 500MHz・km以上 ($\lambda=1300\text{nm}$)
曲げ半径	30mm	30mm	30mm	30mm
特長		10ギガビット伝送 最大300m	10ギガビット伝送 最大550m	

※1: JIS X 5150およびISO/IEC 11801の光ファイバ種別を示す

6. 光ファイバの伝送特性

シングルモードファイバ(SM)

- 特徴:現在の主流
- 用途:長距離通、大容量伝送
- 伝送モード:1波長のみ
- 代表的な伝送損失: 0.4dB/km(@1310nm)
0.3dB/km(@1550nm)

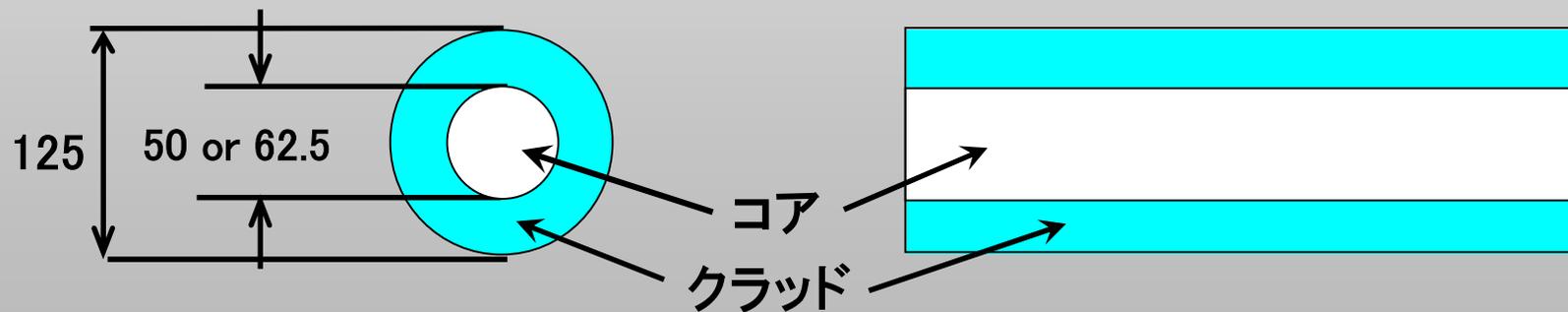


[単位: μm]

6-1. 光ファイバの伝送特性

マルチモードファイバ(MM or GI)

- 特徴:短距離用
- 用途:構内LAN・ITV等
- 伝送モード:複数の波長
- 代表的な伝送損失: 3.0dB/km(@850nm)
1.0dB/km(@1300nm)



[単位: μm]

6-2. 光ファイバの伝送特性（伝送帯域）

<例え>

伝送帯域 500MHz・kmのマルチモード光ファイバ(GI)

電話1回線の必要容量 64kbps(64キロ bit/sec)

1Hz=1秒間に1回の周波数・振動数 と定義

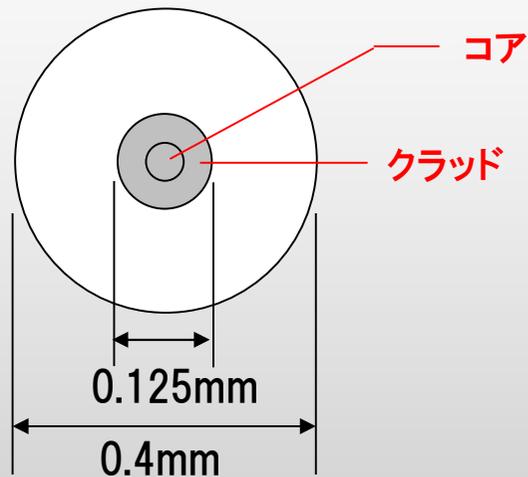
・・・1秒間に64,000回振動すれば 64kHz =64kbpsと同意

よって、500MHzの伝送帯域を持っているということは

$$(500 \times (10^6 / 10^3)) / 64 = 7812$$

この光ファイバ1心で、1kmの範囲であれば7812回線分の伝送ができる。

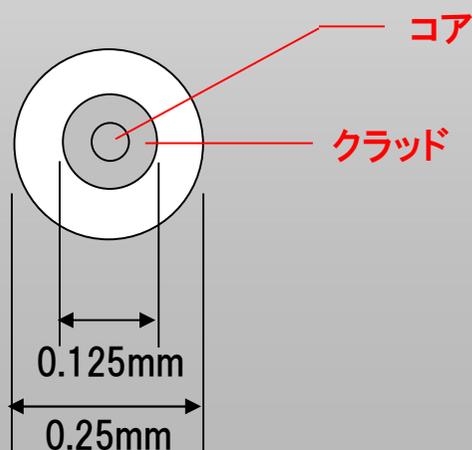
7. 光ファイバの形態(光ファイバ素線)



(1)光ファイバ素線

光ファイバとして使用できる最低限の基本構造

コア、クラッド部分に傷がつくことを防ぐため、一次被覆(プライマリ)をした段階を光ファイバ素線という。

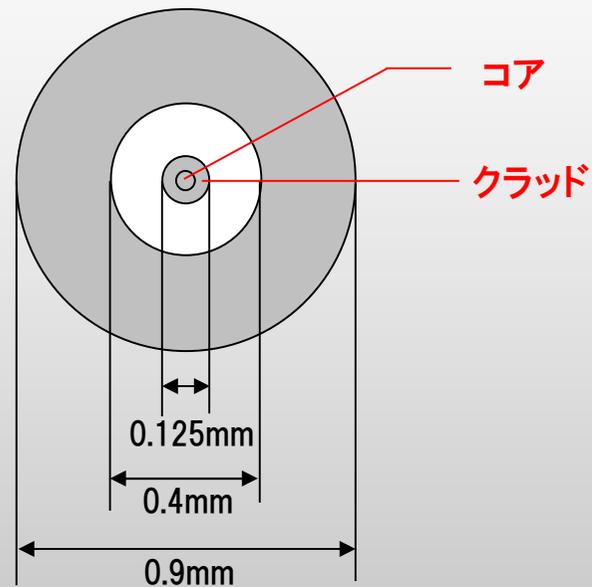


(2)0.25(UV)光ファイバ素線

コア、クラッド部分に傷がつくことを防ぐため、紫外線で硬化する樹脂を被覆した光ファイバ素線。

この段階を光ファイバ心線ということもある。

7. 光ファイバの形態(光ファイバ心線)



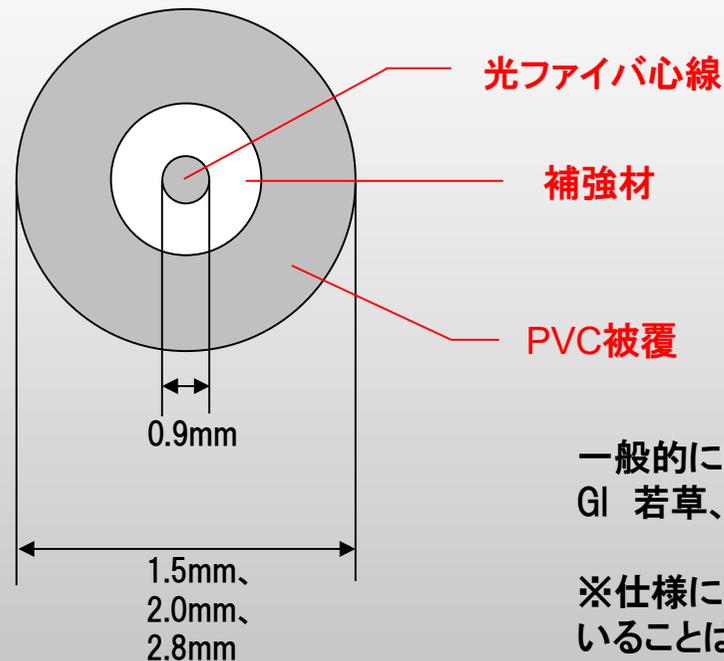
(1)光ファイバ心線

光ファイバ素線にナイロン被覆し、外径0.9mmになっている。

一次被覆の状態では強度は十分でないため、二次被覆をしたものを光ファイバ心線という。

取り扱い性に優れ、短距離配線や測定用などに利用される。

7. 光ファイバの形態(光ファイバコード)



一般的にPVC被覆の色は、
GI 若草、SM 黄、DSM 橙

※仕様により、他色で使用されて
いることはあるので注意。

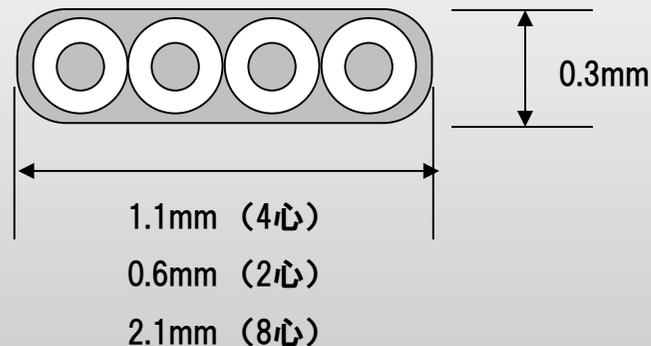
(1)光ファイバコード

光ファイバ心線の機械的強度を強化するため、心線の周囲を抗張力繊維で補強し、さらにPVC被覆を施したものを光ファイバコードという。

取り扱い性に優れ、機器間配線、屋内配線、測定用などに利用される。

7. 光ファイバの形態(光ファイバテープ)

0.25mm光ファイバ素線



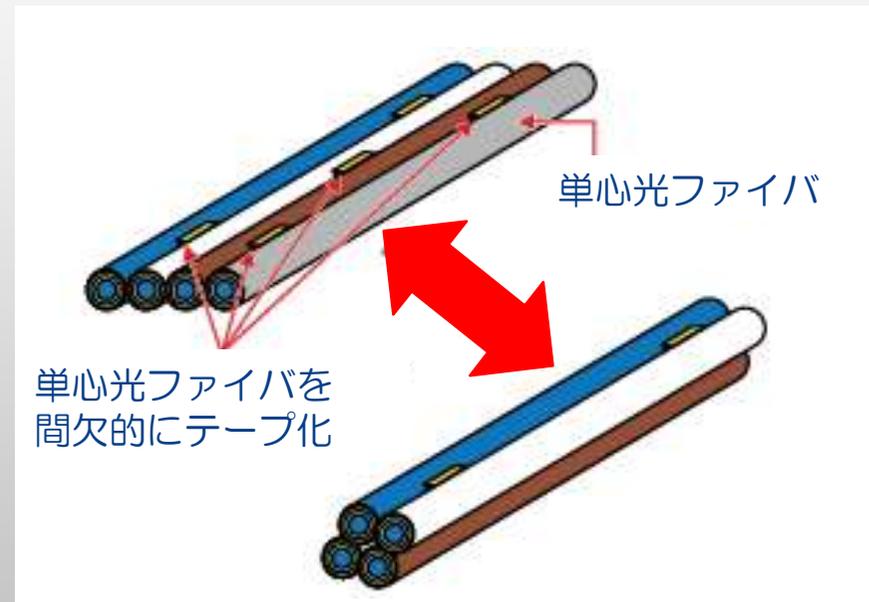
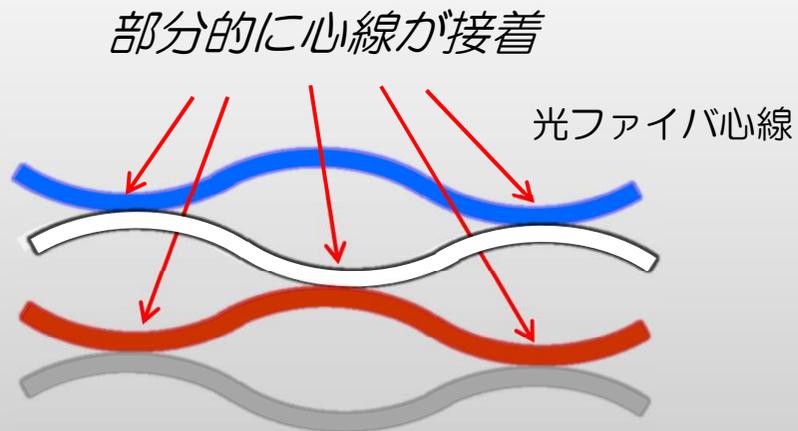
(1)光ファイバテープ

0.25mm(UV)光ファイバ素線を平行に複数本ならべて、一括にてUV樹脂で被覆を施したものを光ファイバテープという。

多心ケーブルに利用される。

7. 光ファイバの形態（新しいテープ構造）

一括接続が可能



(1) 間欠（固定または接着型）テープ心線

0.25mm(UV)光ファイバ素線を平行に複数本ならべて、部分的に接着したものを間欠（固定または接着型）テープ心線という。

多心ケーブルに利用される。

8. 光ファイバの接続（接続方法）

光ファイバの接続としては、大きく 2つに分類できる。

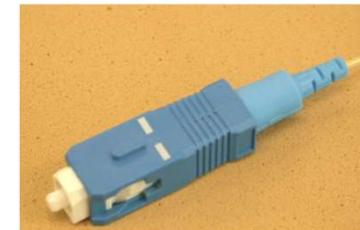
- ① 永久接続 … 融着接続、メカニカル接続
- ② 脱着可能な接続 … コネクタ接続



【融着機】

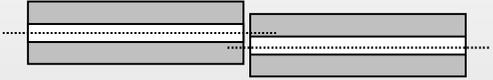
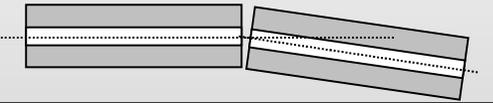
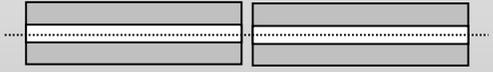
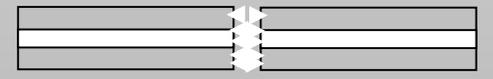
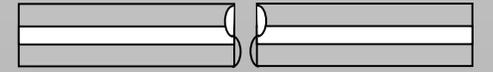


【メカニカルスプライス】



【コネクタ(SC型)】

8-1. 光ファイバの接続（接続時の損失要因）

種別	原因	概略図
位置決め の不完全	軸ずれ	
	軸傾斜	
	間隙	
端面の 不整形	端面傾斜	
	端面粗さ	
	端面うねり	

8-2. 光ファイバの接続（融着接続）

融着接続は、接続する光ファイバの先端を放電加熱によって2000℃以上に加熱し、石英ガラスを融かして接続する方法。

融着接続方式には、①コア直視型、②V溝合わせ(外径調心)型、に分類することができる。

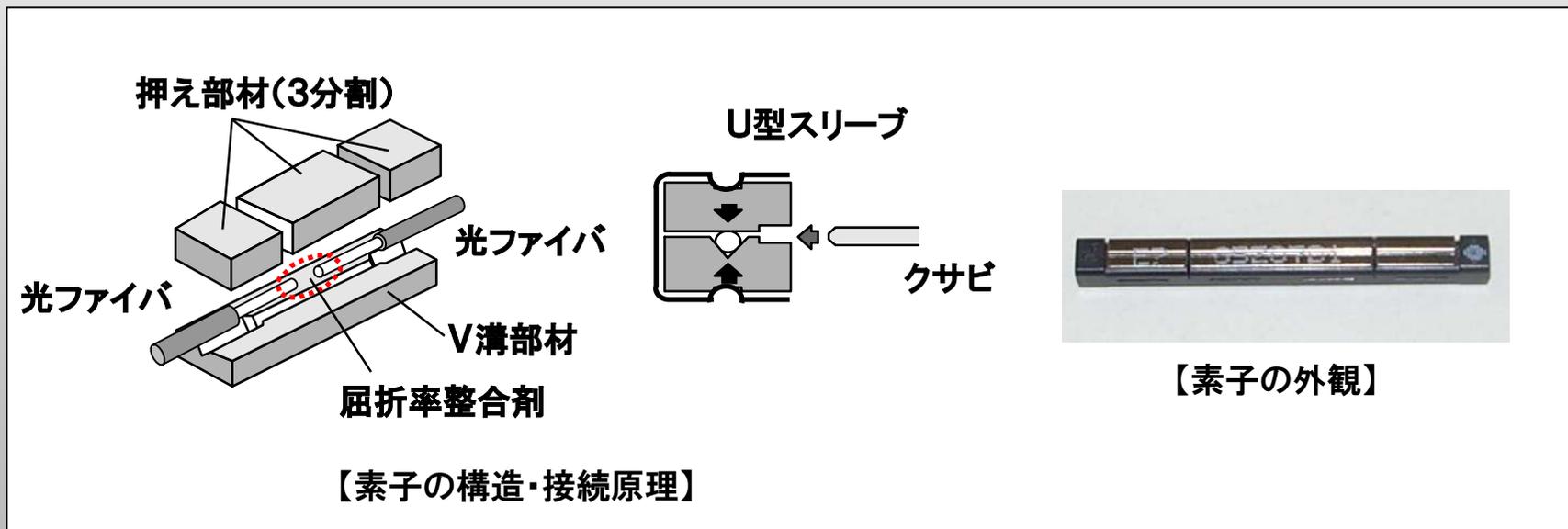
【融着接続機の種類】

種類	適応	特徴
コア直視型	単心専用	光ファイバのコアを画像観察して、お互いの光ファイバを微調整する機構があり、コア調心を行い融着接続します。低損失が実現できます。
V溝合わせ型 (外径調心)	単心用 テープ心線用	V溝機構に光ファイバを載せて、光ファイバの外径を合わせて融着接続します。光ファイバの偏心量が大きい場合には接続損失が大きくなります。

8-3. 光ファイバの接続（メカニカル接続）

メカニカルスプライスは、口出した光ファイバをV溝部材に沿って挿入し、両側の光ファイバが突き当たって、固定する接続。

突合せ部には屈折率整合材が挿入されており、反射を低減させている。



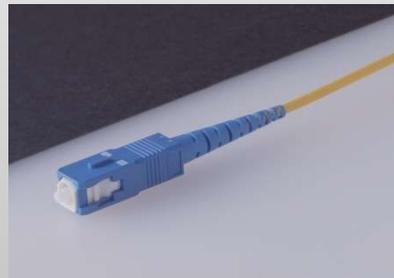
8-4. 光ファイバの接続（コネクタ接続）

光ファイバの脱着可能な接続方法

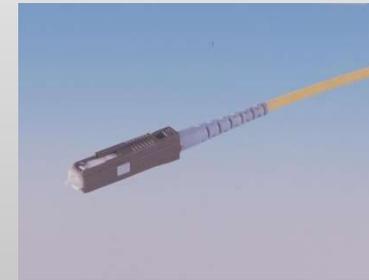
コネクタ接続は容易に脱着が可能であるが、接続損失が高いため、光ファイバの接続変更が必要な局舎内の機器間配線や、光成端箱などの接続に使用される。



FCコネクタ



SCコネクタ



MUコネクタ

EOS