

4回目

光ファイバー



誘電体材料による光ファイバの分類

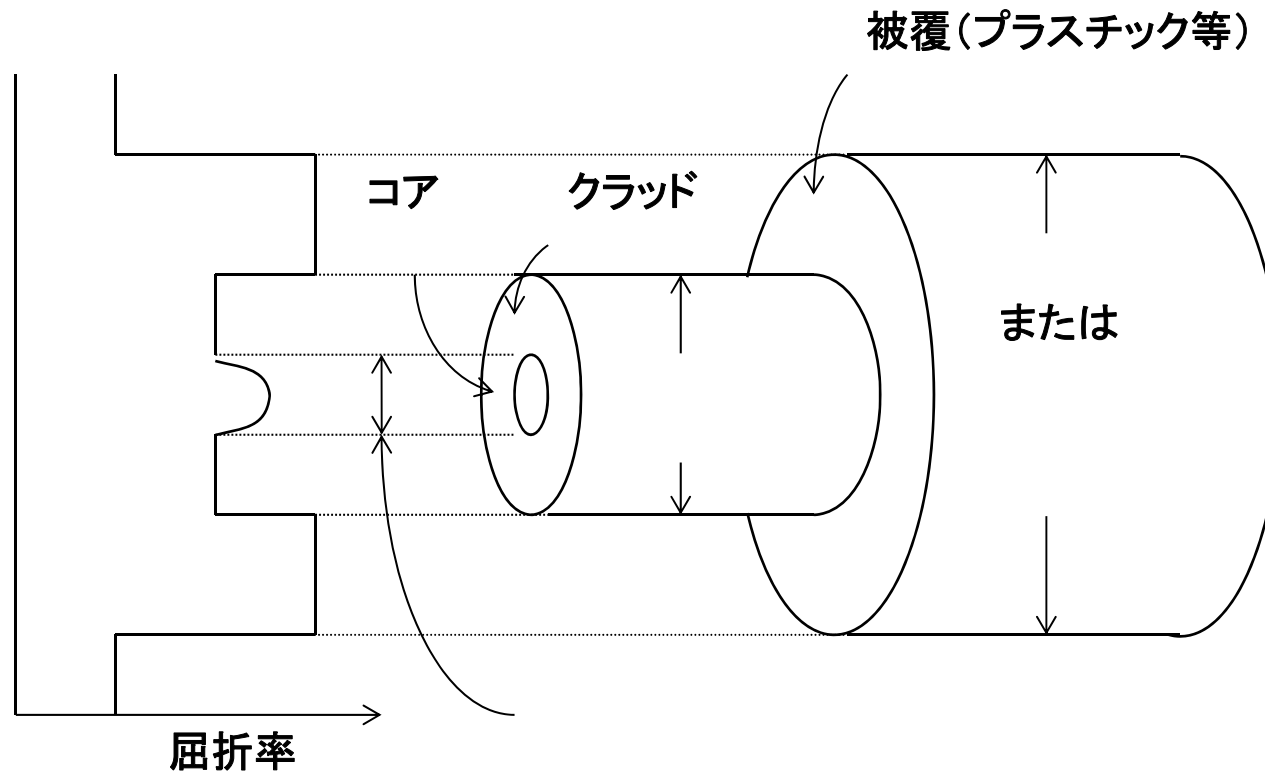
材料	光ファイバ種類	主な成分	主な用途
ガラス	石英系光ファイバ	SiO_2 、 GeO_2 、F	信号伝送
	多成分系光ファイバ	SiO_2 、 B_2O_3 、 Na_2O 、 CaO 、 LiO 等	光ファイバデバイス
	フッ化物系光ファイバ	AlF_3 、 CaF_2 、 BaF_2 等	光ファイバ増幅器
プラスチック光ファイバ		PMMA、シリコン樹脂等	ショートリンク、照明

JIS C 6837全プラスチック光ファイバの 構造パラメータ

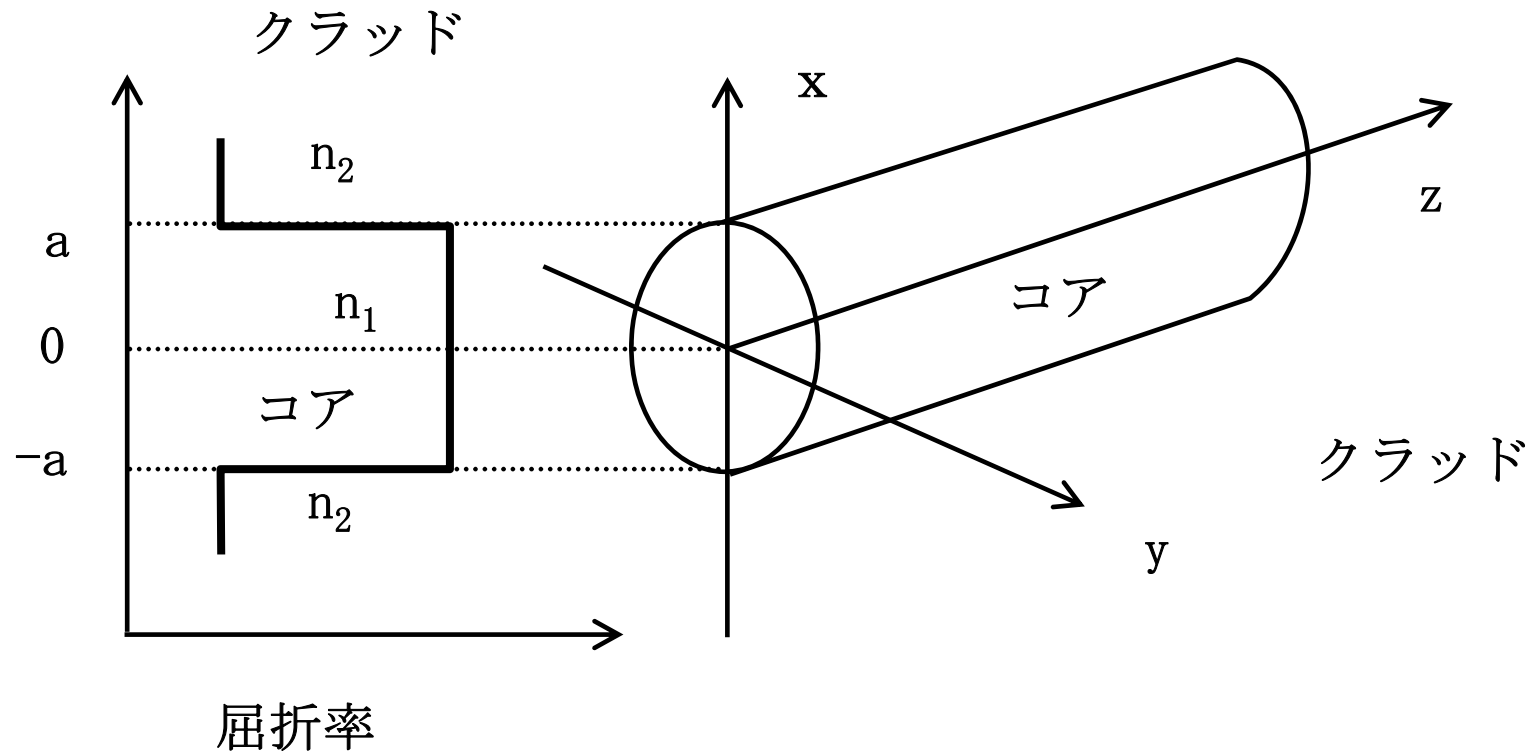
項目	形名		
	PSI-485/500	PSI-735/750	PSI-980/1000
損失 dB/m	0.30以下		
コア径 μm	485*	735*	980*
クラッド径 μm	500 \pm 30	750 \pm 45	1000 \pm 60
NA	0.5 \pm 0.15		

注* コア径は公称値として、クラッド径に対して、15~20 μm 小さいものとする。

光ファイバの基本構造



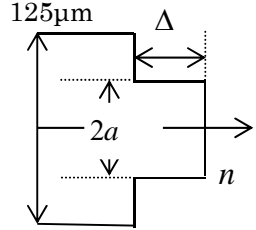
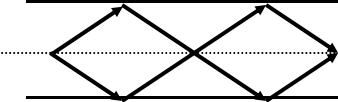
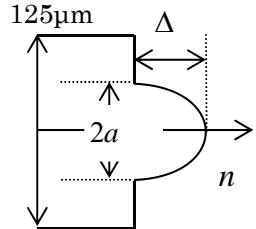
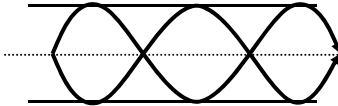
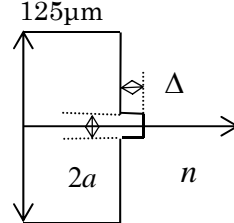

ステップインデックス光ファイバ



伝搬モードによる光ファイバの分類

伝搬モード	屈折率分布／機能
多モード光ファイバ	ステップインデックス形
	グレーデッドインデックス形
単一モード光ファイバ	1310 nm零分散形（標準光ファイバ）
	分散制御形
	1550 nm分散シフト形
	1550 nm分散フラット形
	ノンゼロ分散シフト形
	分散補償形
	偏波保持形
フォトニック結晶光ファイバ	

光ファイバの屈折率分布と帯域特性

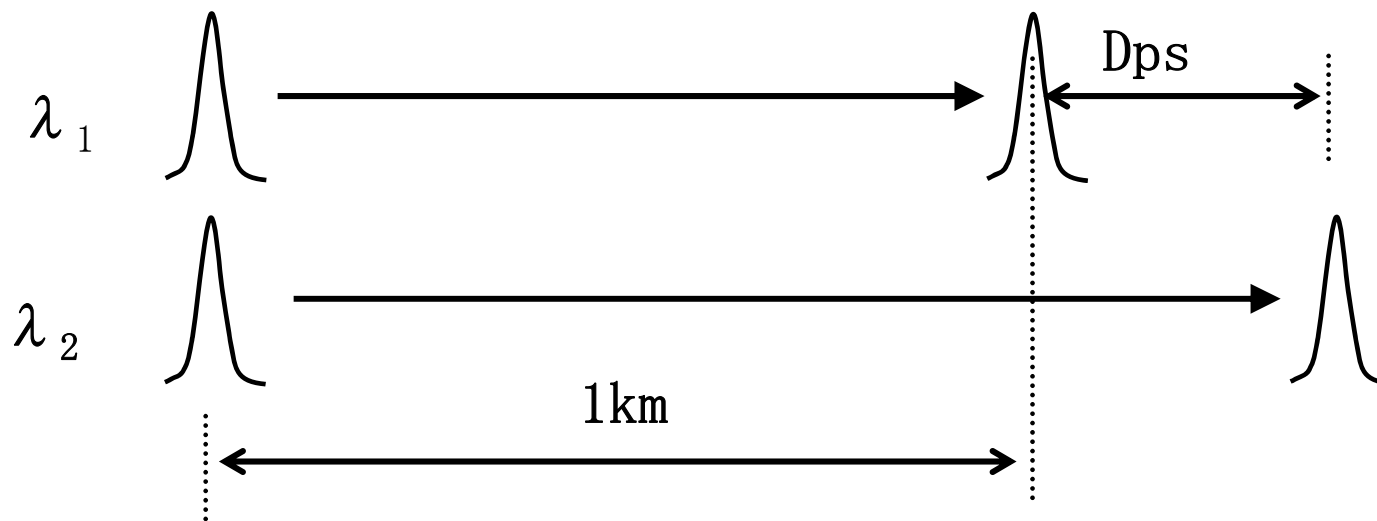
分類	屈折率分布	伝搬の様子	帯域
多モード 光ファイバ	ステップ インデックス形 	モード毎に伝搬角度が異なり光パルスの拡がりが大きい。 	10~40 MHz·km
	グレーデッド インデックス形 	二乗分布屈折率により伝搬時間差が抑えられる。 	500~1000 MHz·km
単一モード 光ファイバ		伝搬するモードが一つであるためモードによる伝搬時間差はない。  波長分散のみが光パルス拡がりの原因である。	100~ GHz·km

主なGI型多モード光ファイバの構造 パラメータ

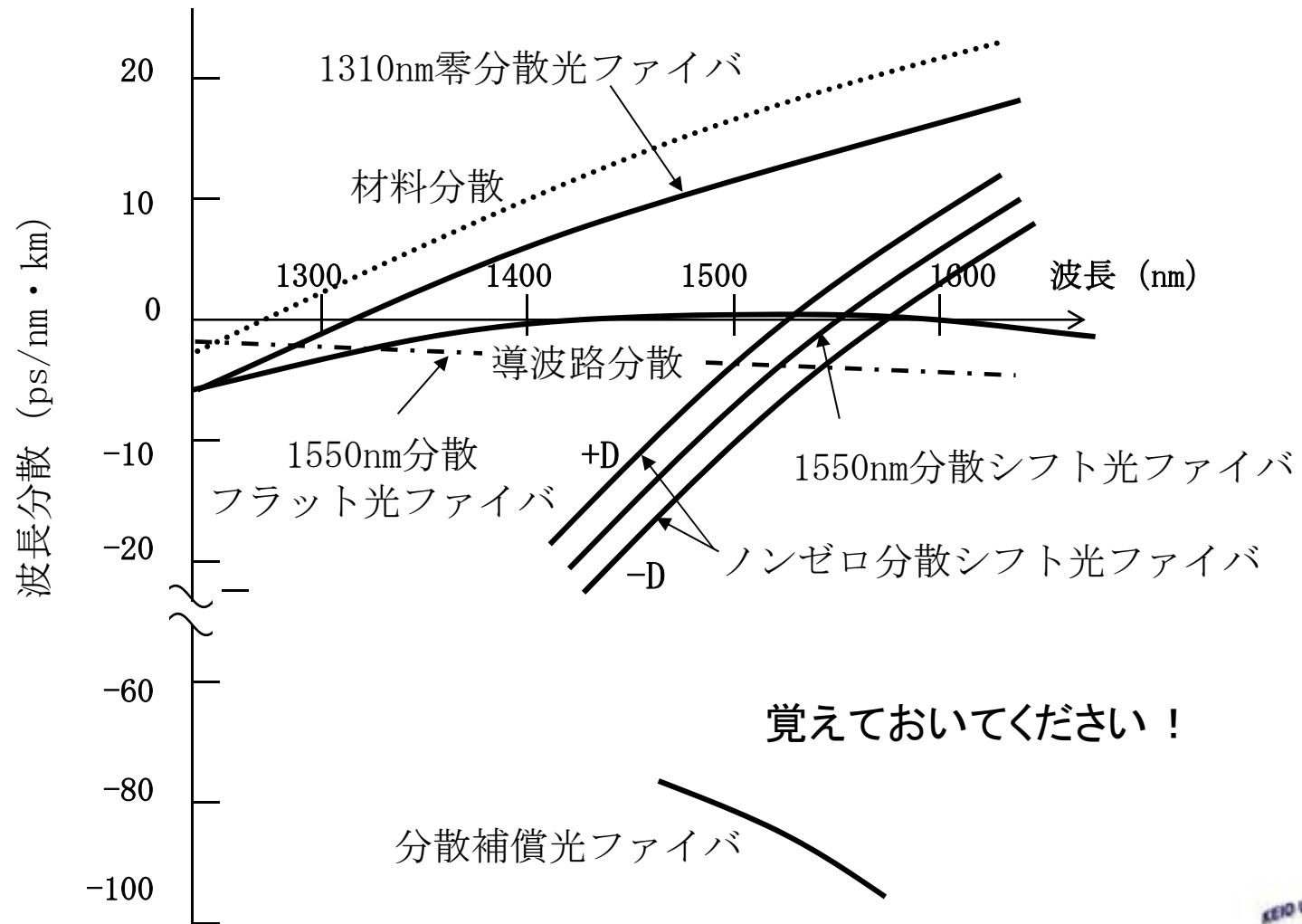
項目	SGI-50/125	SGI-62.5/125	備考
コア径 μm	50 ± 3	62.5 ± 3	
クラッド径 μm	125 ± 3	125 ± 3	
NA	0.20 ± 0.02	0.275 ± 0.015	実測値規格
最大理論NA ($\Delta\%$)	0.21 ± 0.02 ($\Delta=1.0\%$)	0.29 ± 0.03 ($\Delta=2.0\%$)	Δ より計算される理論

波長分散の単位

$$\Delta \lambda = |\lambda_1 - \lambda_2| = 1\text{nm}$$



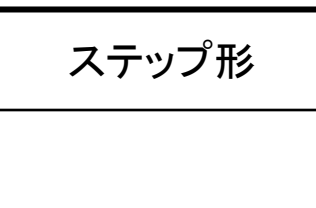
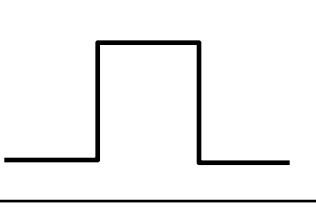
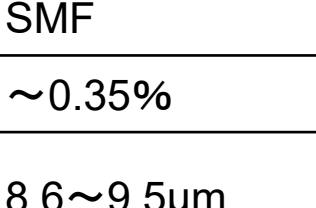
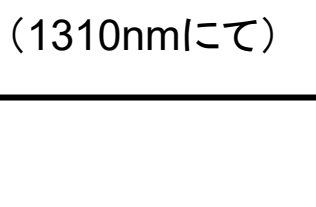
各種単一モード光ファイバにおける波長分散



主な単一モード光ファイバの種類

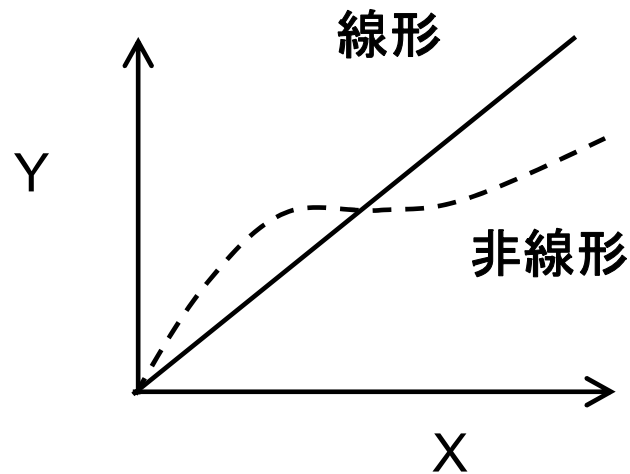
名称	略称	屈折率分布	内容
1310nm零分散光ファイバ (1310nm zero dispersion OF*) または(Standard OF*)	SMF または SSF	ステップ形	零分散波長範囲が1300~1324nmの、最も標準的な単一モード光ファイバ。
1550nm分散シフト光ファイバ (1550nm dispersion shifted OF*)	DSF	階段形、 セグメント形等	零分散波長を1550nm付近にシフトさせた光ファイバ。
1550nm分散フラット光ファイバ (1550nm dispersion flattened OF*)	DFF	W形、 三重クラッド等	1310~1600nmの範囲で分散値を $\leq 3.5\text{ps/nm}\cdot\text{km}$ とした。
ノンゼロ分散シフト光ファイバ (non-zero dispersion shifted OF*)	NZDSF	階段形、 セグメント形等	1550nm付近にてわずかな分散値($\leq \pm 6\text{ps/nm}\cdot\text{km}$)を持つ。
分散補償光ファイバ (Dispersion compensating OF*)	DCF	W形、 三重クラッド等	1550~1600nmの範囲での分散値を相殺する分散を持つ。

単一モード光ファイバの屈折率分布

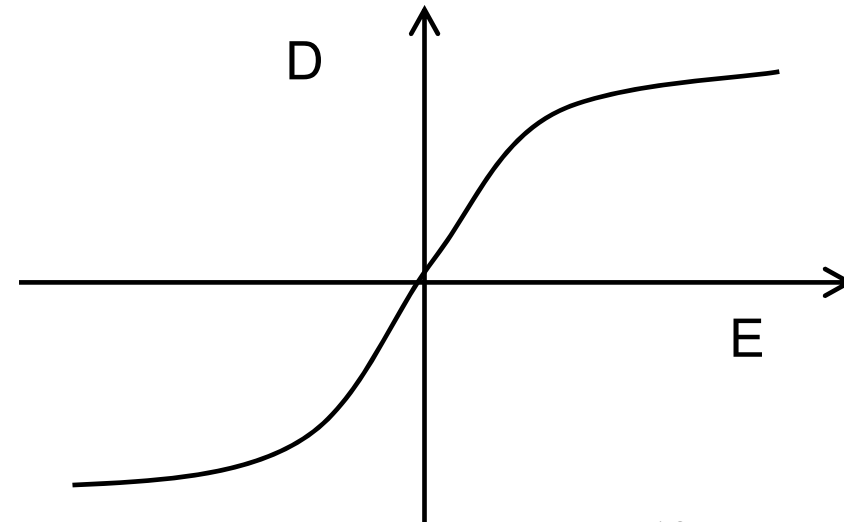
項目	ステップ形	階段形	W形	三重クラッド形
屈折率分布				
適用光ファイバ	SMF	DSF, NZDSF	DFF, DCF	DFF, DCF
最大 Δ	~0.35%	~0.8%	~1.2%	~1.2%
モード フィールド径	8.6~9.5 μm (1310nmにて)	7.8~8.5 μm (1550nmにて)	-	-

その他の光ファイバーでの現象

線形と非線形



電界と電束密度



$$D = \epsilon_r \epsilon_0 E \quad \epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

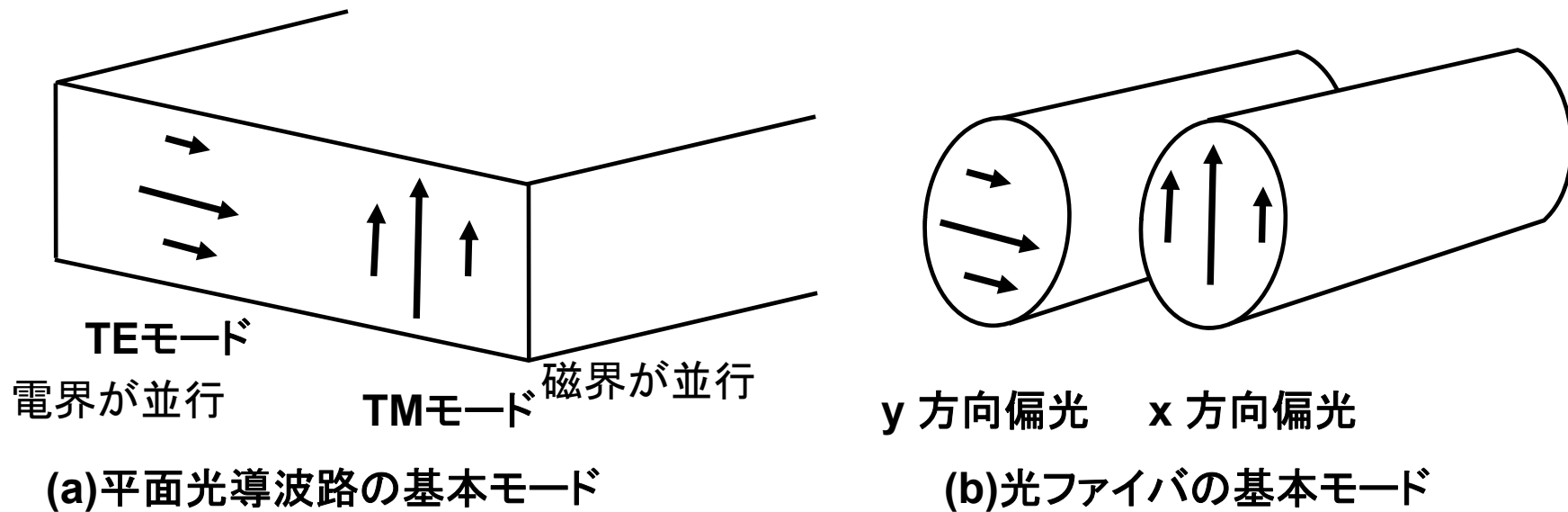
ϵ_r = 比誘電率

ところがEが大きい所では

$$D = \epsilon E + \epsilon_3 E^3 + \dots$$

例) **四光波混合**、4つの電界が作用する

平面光導波路と光ファイバにおける偏光



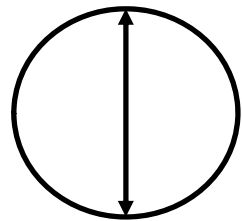
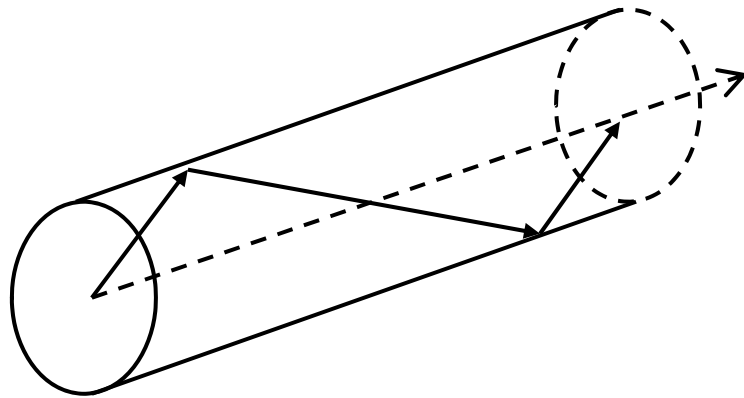
TEモード: transverse electric modes

導波路の横方向にのみ E_y を持つ

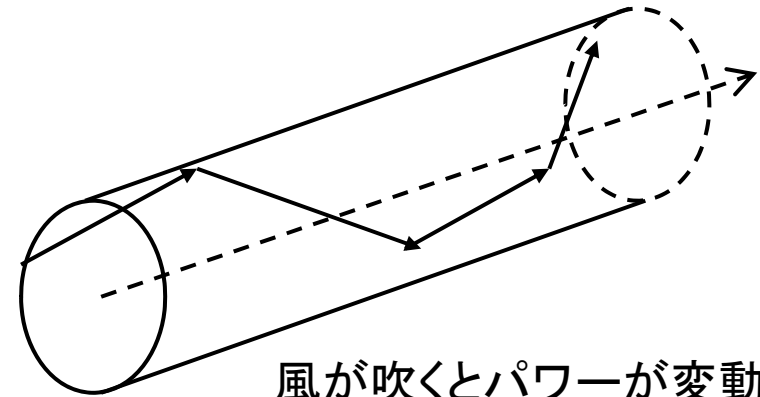
TMモード: transverse magnetic modes

導波路の横方向にのみ H_y を持つ

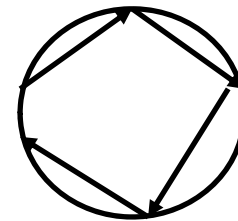
光ファイバ中の光線軌跡



(a)子午光線

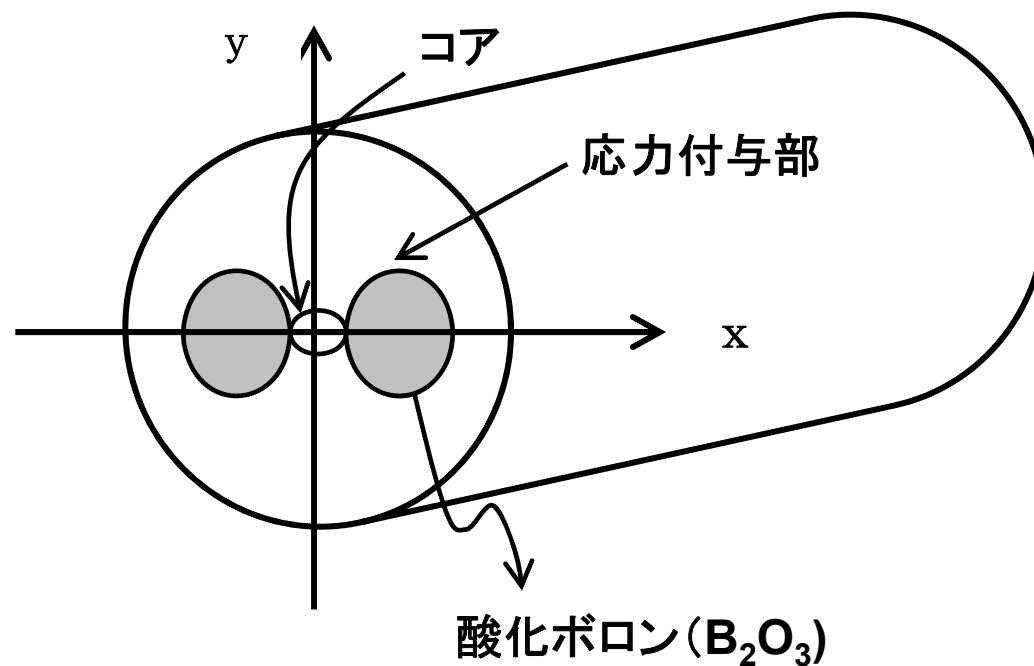


風が吹くとパワーが変動した



(b)斜め光線

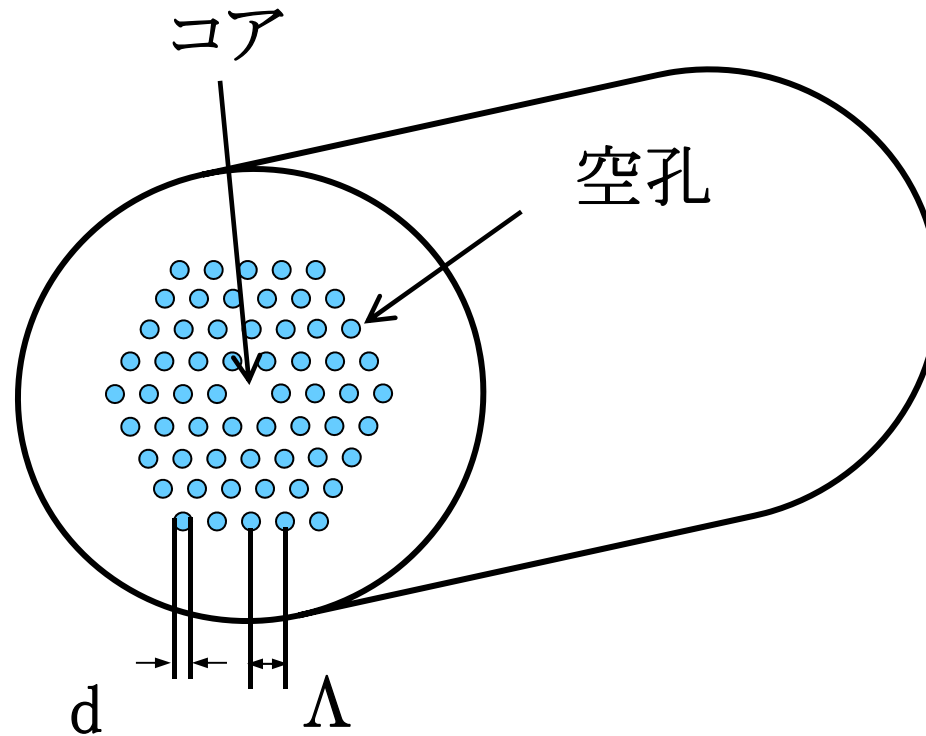
PANDAファイバの断面図



偏波モード分数の影響

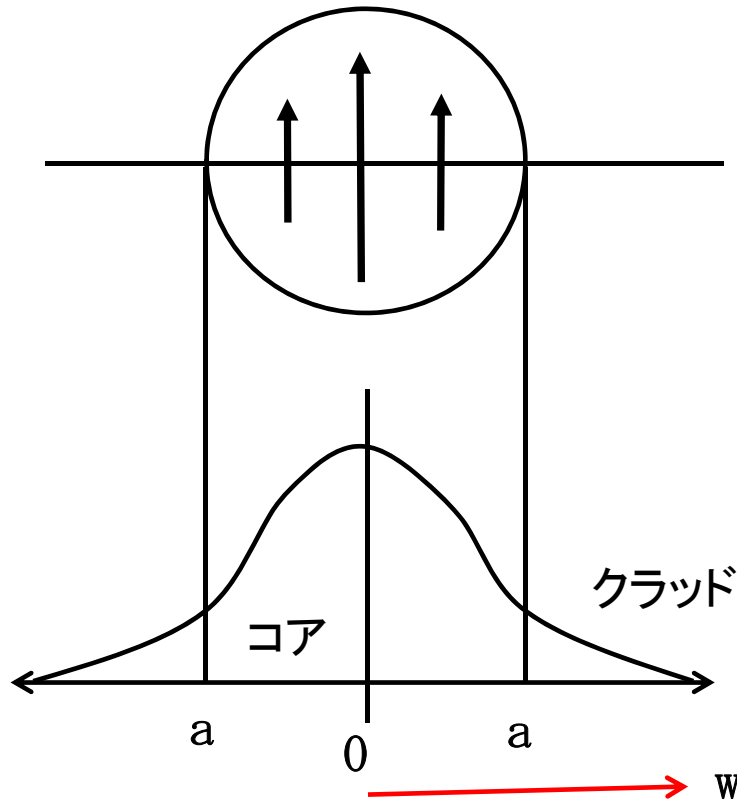
・・・真円なるファイバーは圧力や風により偏光面が変化する

ホーリーファイバの断面構造



特徴 クラッドとコアの比屈折率差を1ケタ大きくすることが可能

光ファイバー内の電界分布



$$E(r) = A \frac{J_0(kr)}{J_0(ka)} \quad (0 \leq r \leq a \text{ のとき})$$

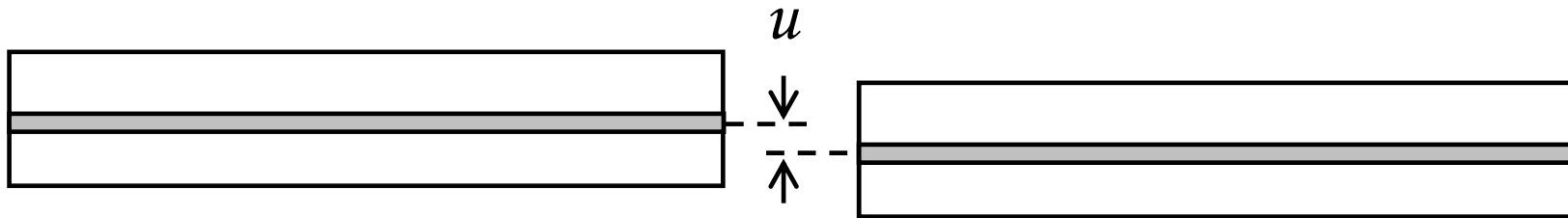
$$= A \frac{K_0(\gamma r)}{K_0(ka)} \quad (r > a \text{ のとき})$$

Wははみだした部分の大きさ

導入は省略するがガウス分布で近似でき

$$E(r) = A' e^{-\frac{r^2}{w^2}} \quad \text{となる}$$

光ファイバの軸ずれによる損失



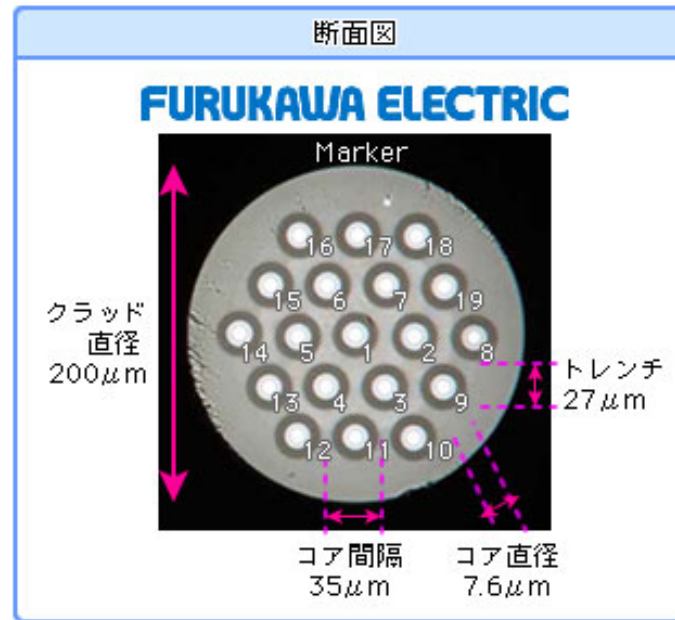
結合効率 η は $\eta = e^{-\frac{u^2}{w^2}}$

であることが知られている。このときの接続損失をdBであらわすと

$$\text{接続損失 [dB]} = 4.34 \left(\frac{u}{w} \right)^2$$

新しいファイバーの登場

ーマルチコアファイバーー



⇒大容量化

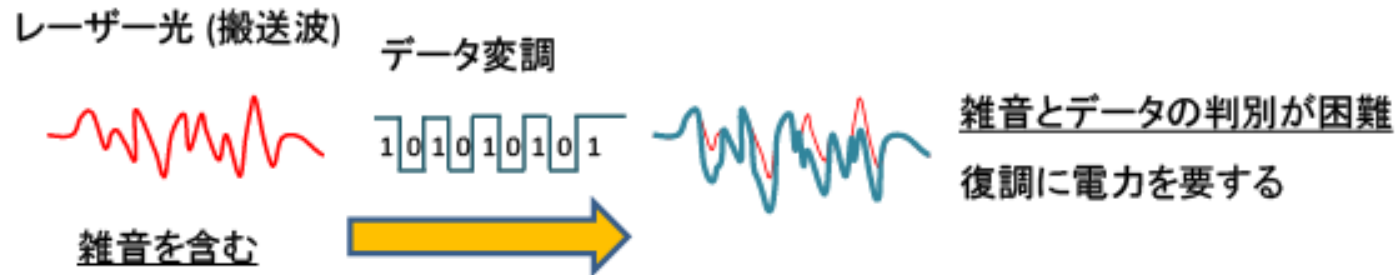
⇒低ノイズ

コア数及びコア密度において伝送用としては最大
(コア数/クラッド直径²=7.4×SMF)

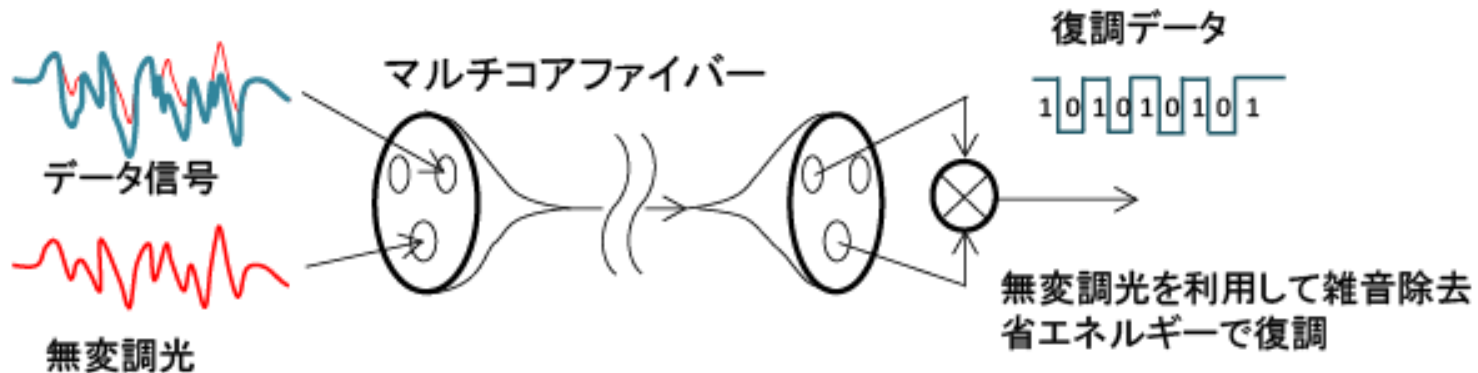
資料提供:情報通信研究機構

自己ホモダインによるノイズ削減

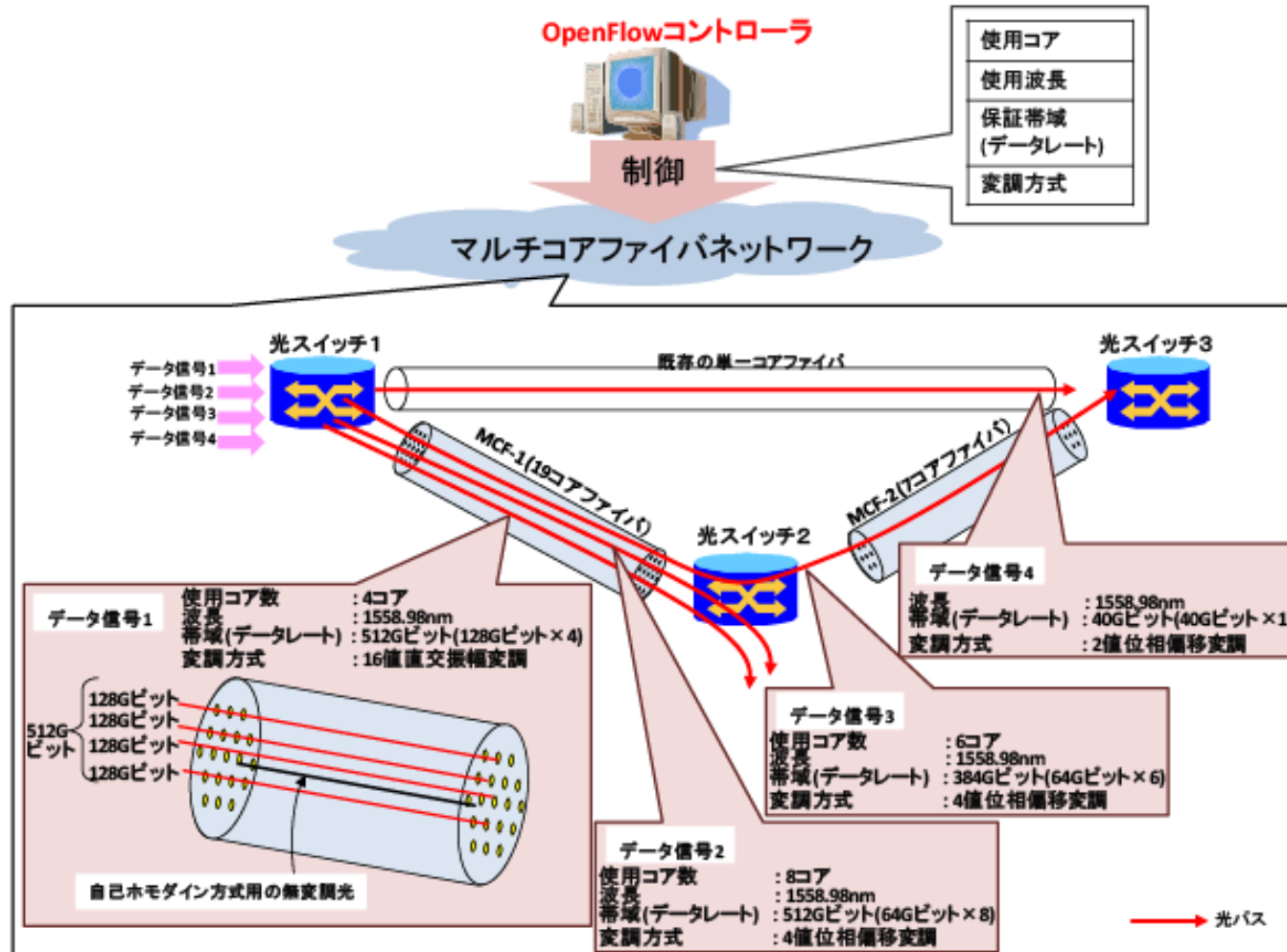
通常的光通信



自己ホモダイン方式



世界で日本がリード



独立行政法人 情報通信研究機構HP <http://www.nict.go.jp/index.html> より