

# 光ファイバー通信入門

---

北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 (青木研究室)

長谷川 央

2022-9-10

## 名前

長谷川 央 (ハセガワ アキラ)

## 経歴

1997	愛知県豊田市で生まれる
2016	名古屋大学教育学部附属中・高卒
2016-2020	三重大学 総合情報処理センター主催 講習会「パソコン分解講習会」TA
2019	三重大学 総合情報処理センター主催 講習会「Linux 実践入門」講師
2020	北陸先端科学技術大学院大学 入学
2021-	JAIST 情報基盤センター ヘルプデスク

高速なネット回線や海外サイトへのアクセスの実現には光ファイバーが不可欠  
しかし 仕組みや性質について触れられることは少ない

**光ファイバーの仕組みや性質について知っていますか？**

# 光ファイバーの外観と値段



シングルモード コア径9.2マイクロメートル 2芯 光ファイバケーブル

ギガビットイーサネット1000BASE-LX/1000BASE-SX/100BASE-FXに対応した光ファイバケーブル。低損失で長距離伝送が可能。広帯域で高い周波数の信号伝送が可能。シングルモード。

シングルモード 9.2マイクロメートル 2芯 屋内用 RoHS 6 RoHS 10 10GBASE-ZR  
10GBASE-ER 10GBASE-LR 1000BASE-ZX 1000BASE-LX

1m	2m	3m	5m	10m
500-HSS1-01 ¥3,700 在庫僅少	500-HSS1-02 ¥3,900 在庫僅少	500-HSS1-03 ¥4,000 在庫僅少	500-HSS1-05 ¥4,200 在庫僅少	500-HSS1-10 ¥4,700 在庫僅少



マルチモード コア径50マイクロメートル 2芯 光ファイバケーブル

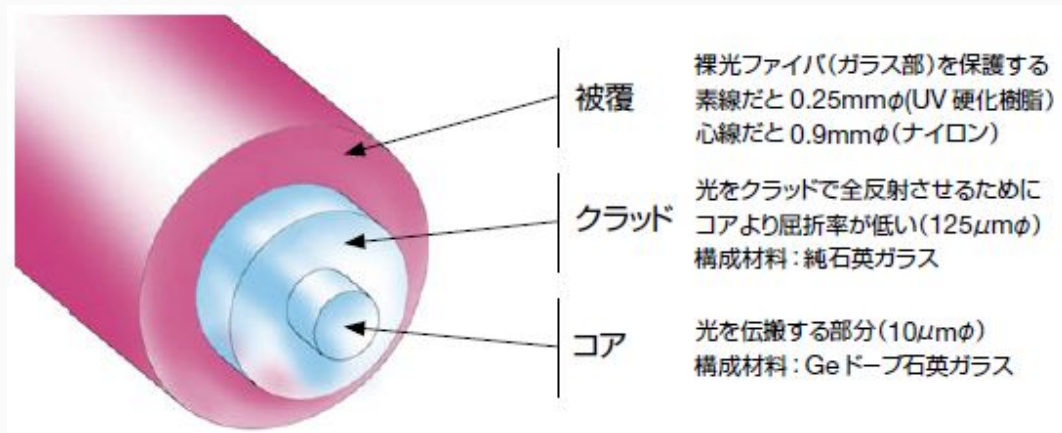
ギガビットイーサネット1000BASE-LX/1000BASE-SX/100BASE-FXに対応した光ファイバケーブル。低損失で長距離伝送が可能。広帯域で高い周波数の信号伝送が可能。

マルチモード 50マイクロメートル 2芯 屋内用 RoHS 6 RoHS 10 1000BASE-LX  
1000BASE-SX 1000BASE-FX

1.5m	3m	5m	10m
500-HSS5-015 ¥2,600 在庫僅少	500-HSS5-03 ¥2,800 在庫僅少	500-HSS5-05 ¥3,100 在庫僅少	500-HSS5-10 ¥3,700 在庫僅少

<sup>1</sup> (サンワダイレクト-光ファイバケーブル,

# 光ファイバーの構造



2

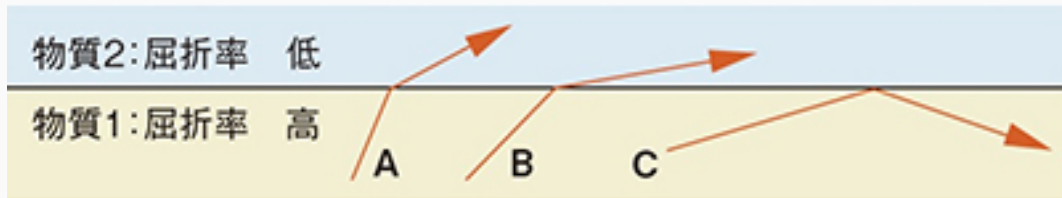
<sup>2</sup> (日鉄溶接工業株式会社-光ファイバセンシングソリューション,  
[https://direct.sanwa.co.jp/ItemList/001007033001002?cate=fiber\\_cable\\_menu](https://direct.sanwa.co.jp/ItemList/001007033001002?cate=fiber_cable_menu) Accessed: 2022-09-09)

## 光ファイバーの仕組み (1/2)

コアとクラッドの屈折率の差を使って光を全反射させている

臨界角を求めるには  $\sin \theta_c = n_1/n_2$  (ただし  $n_1, n_2$  は屈折率) を使う

(上式については スネルの法則を参照)



3

<sup>3</sup> (住友電工-光の基礎知識, <https://www.optigate.jp/basic/cable.html> Accessed: 2022-09-09)

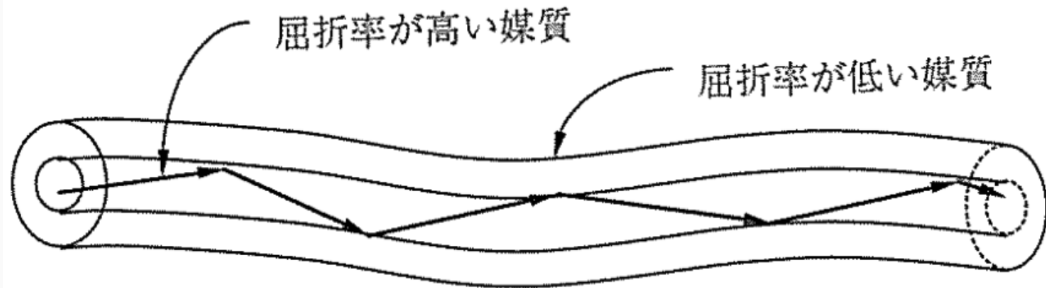


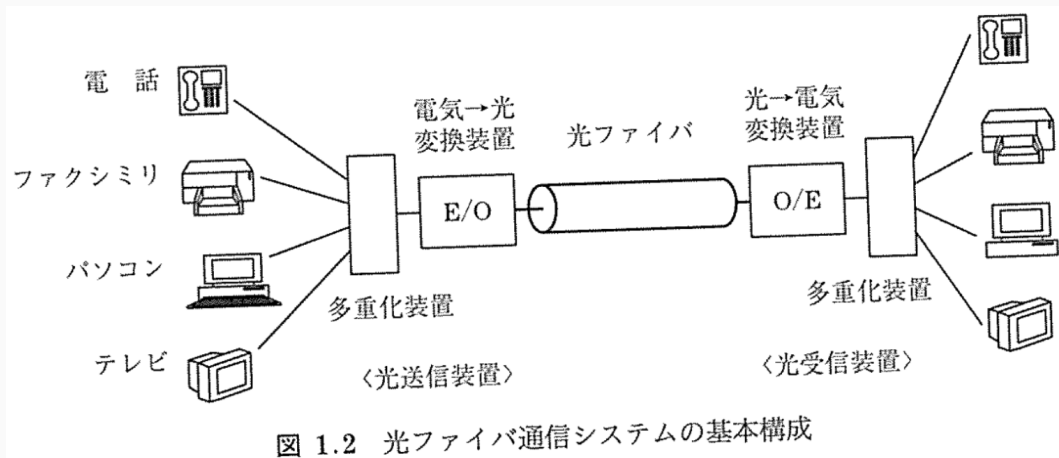
図 2.10 光ファイバ内での光の伝搬

4

<sup>4</sup> (村上泰司, 入門光ファイバ通信工学. コロナ社, 2016)

# 光ファイバーの活用例 (1/2)

1 デバイスに 1 本光ファイバーを割り当てるのは現実的に不可能なので多重化を行っている





## 光ファイバーの活用例 (2/2)

光通信における代表的な多重化の方式は

波長（分割）多重方式（WDM: wavelength division multiplexing）である

各信号を別々の波長に乗せて送る方式である（ケーブルテレビの仕組みに似ている）

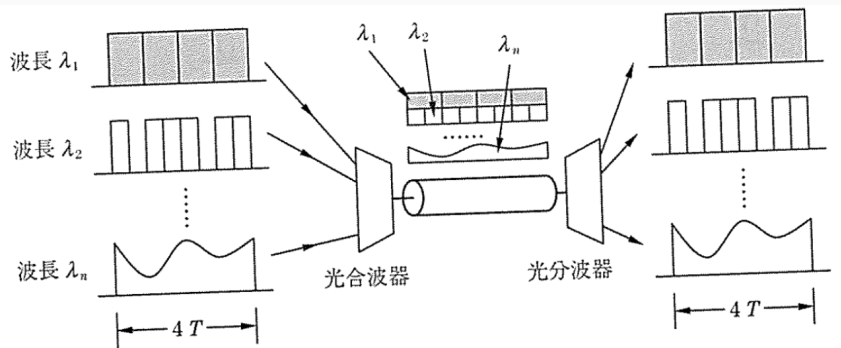


図 1.4 波長（分割）多重方式の原理

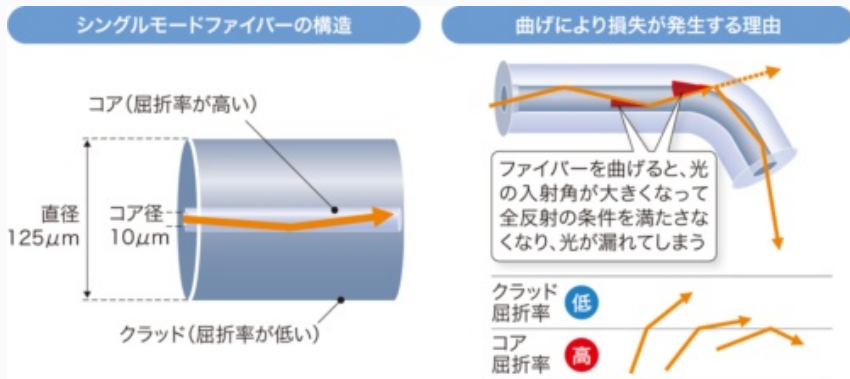
6

<sup>6</sup> (村上泰司, 入門光ファイバ通信工学. コロナ社, 2016)

# 光ファイバーの性質

光を全反射させて伝送しているため曲げに弱いという性質がある

このような光パワーの損失を**曲がり損失**と呼ぶ



7

<sup>7</sup> (日経 XTECH-光ファイバーでユーザーをつなぐ 実効速度が上がらない理由と対策,

## 損失原因

- ・ 吸収損失: 光ファイバーそのものに吸収されて起こる損失（赤外吸収）
- ・ 散乱損失: 微小な屈折率の揺らぎによるレイリー散乱で起こる損失
- ・ 曲がり損失: ケーブルの曲がりによる損失
- ・ 接続損失: ファイバーを繋げて延長させた際の軸ずれや折れ曲がりなどによる損失
- ・ 結合損失: 光源との結合部で発生する損失

# 光パワーの損失と波長の関係

光の波長によって生じやすい損失が異なる

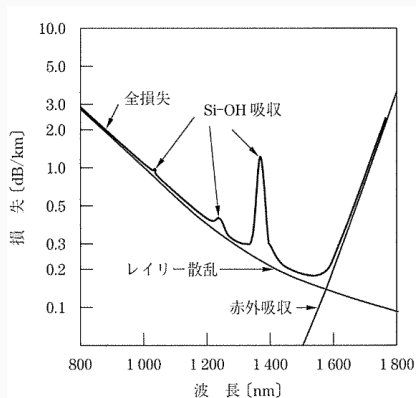


図 5.10 石英系光ファイバの損失と波長の関係

8

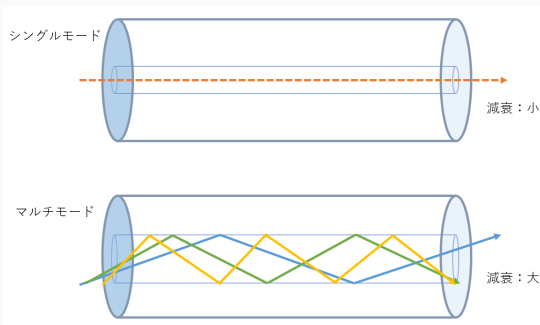
<sup>8</sup> (村上泰司, 入門光ファイバ通信工学, コロナ社, 2016)

# 光ファイバーの種類

2 種類の光ファイバーがある

マルチモードはコアが太く 安価だが複数の経路があるため歪む

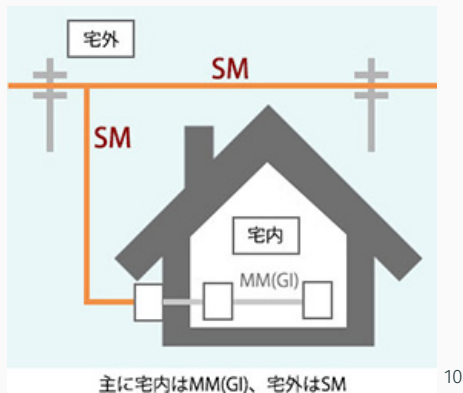
シングルモードは遠距離まで届く



<sup>9</sup> (けんのへや-光通信を知ってほしい,

# 光ファイバーの使い分け

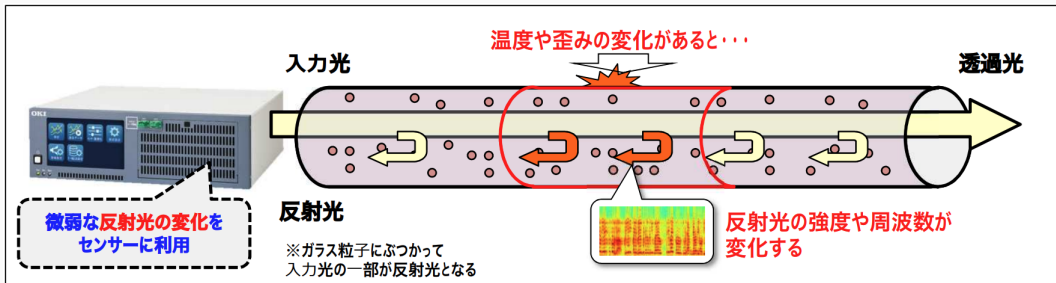
遠距離ではシングルモード，室内等ではマルチモードが使われている



<sup>10</sup> (橋本興産株式会社-シングルモード光ファイバー (SM), <https://www.doujiku-hikari.com/optical/sm/> Accessed: 2022-09-09)

## 通信以外の光ファイバーの活用方法: 歪み・熱センサー (1/2)

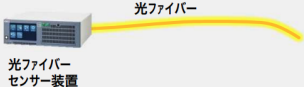

トンネルなどのインフラの火災や歪みを検知するために光ファイバーが活用されている  
(レイリー散乱を検知している)



11

<sup>11</sup> (光ファイバーセンサーによる土木建造物のひずみ・温度監視,

## 通信以外の光ファイバーの活用方法: 歪み・熱センサー (2/2)

	光ファイバーセンサー方式	ポイントセンサー方式
システム構成	 <p>光ファイバー センサー装置</p>	 <p>データロガー 装置 等</p> <p>温度センサー (熱電対等) あるいは、歪み計測器 (歪ゲージ等)</p>
施工性	光ファイバーの敷設のみ 従来センサーに比べ、電源供給が不要	各センサーごとの設置および配線が必要
連続性	光ファイバー全体を分布的に計測することが可能	各センサーの設置ポイントでの計測となる
保守性	センサー部分が光ファイバーのみのため、故障率が低い	センサー装置が多いほど、全体の故障率は高まる
耐環境性	電磁誘導の影響を受けず、防爆エリアでも使用可能	電磁誘導の影響や、防爆エリアでの使用に制約がある
コスト	測定ポイントが多いほどコストメリットあり	測定ポイントが多いほど高価となる

12

<sup>12</sup> (光ファイバーセンサーによる土木建造物のひずみ・温度監視,



- ・ 光ファイバーは屈折率の異なる 2 つの物質（コア・クアッド）からできている
- ・ 光を全反射させて伝送させている
- ・ 光ファイバーにはシングルモードとマルチモードの 2 種類がある
- ・ 光ファイバーの性質を使うと歪みセンサーとしても活用できる