



鹿児島県立甲南高校  
鹿児島大学研究室訪問

# 光ファイバーのはなし

2022年7月29日

鹿児島大学 工学部 先進工学科  
電気電子工学プログラム  
渡邊研究室



# 自己紹介

## 渡邊 俊夫 (わたなべ としお)

1967年(明治100年)生まれ

1983年 神奈川県立相模原高校 入学  
吹奏楽部 部長

1989年 Sophia Concert Band 主席テューバ奏者

1992年 東京工業大学 理工学研究科 修士課程修了  
日本電信電話株式会社(NTT) 入社  
以来、光ファイバー通信に関する研究に従事

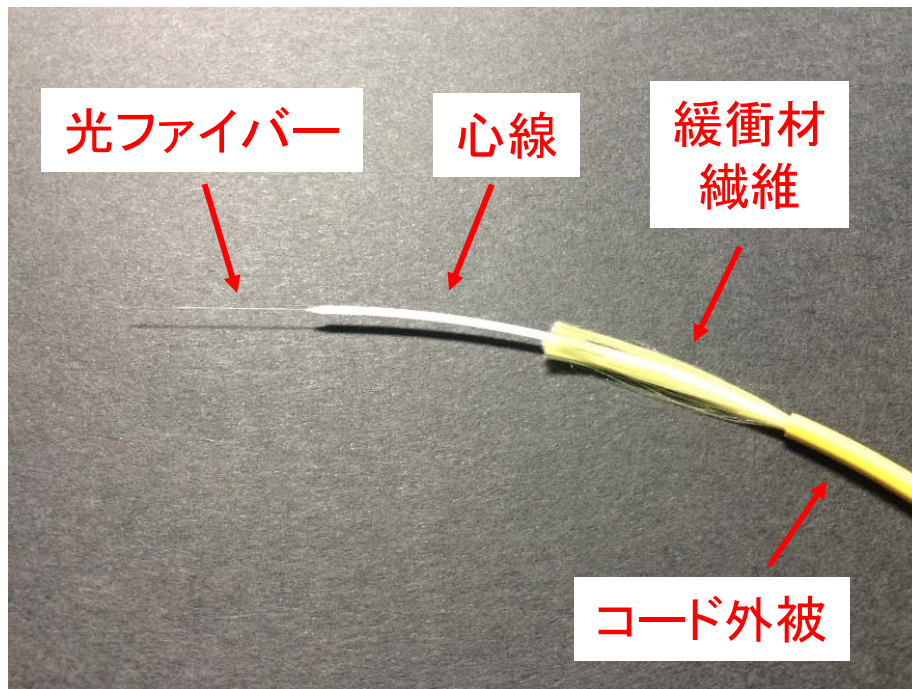
2001年 博士(工学) 学位取得

2016年1月 鹿児島大学 電気電子工学科 准教授

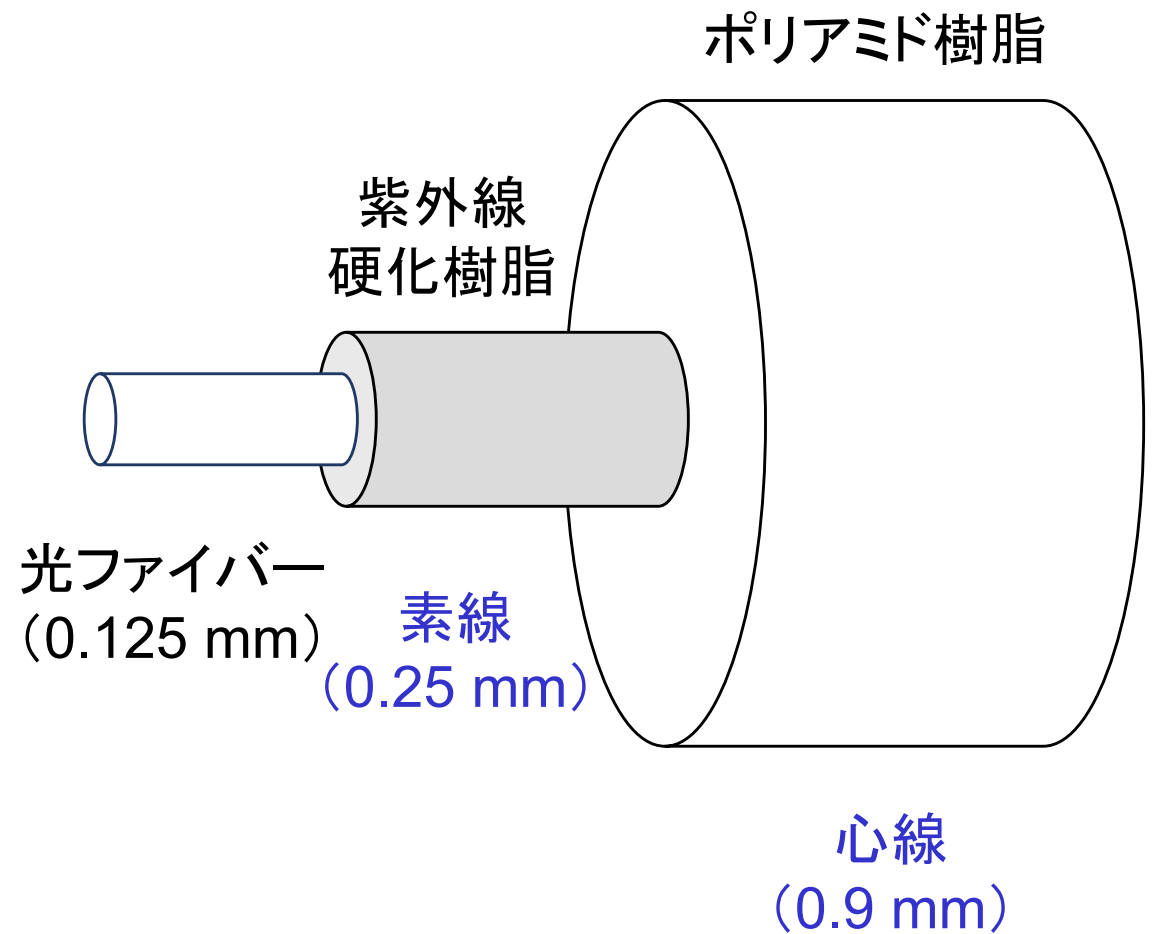


# 光ファイバー

コードの中心に、髪の毛ほどの細い光ファイバーがある。



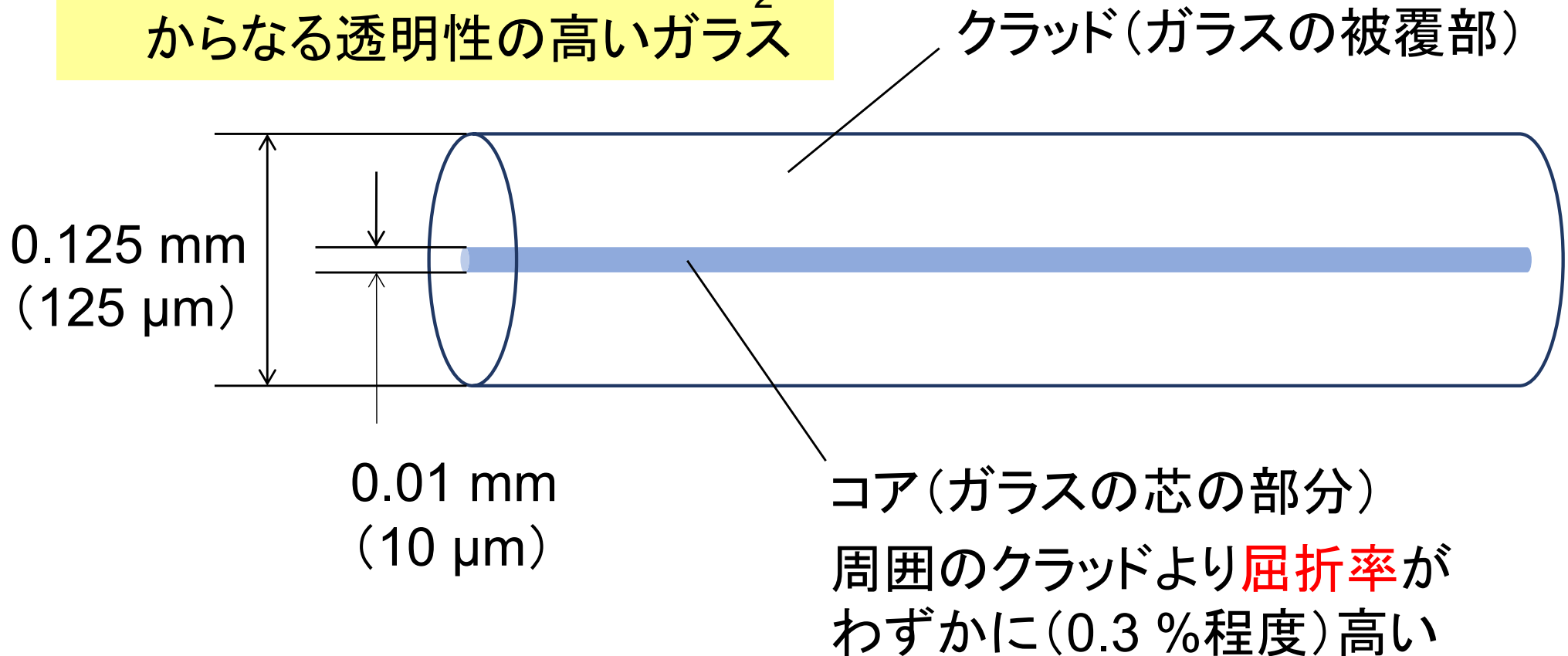
光ファイバーコードの内部構造



# 光ファイバーとは

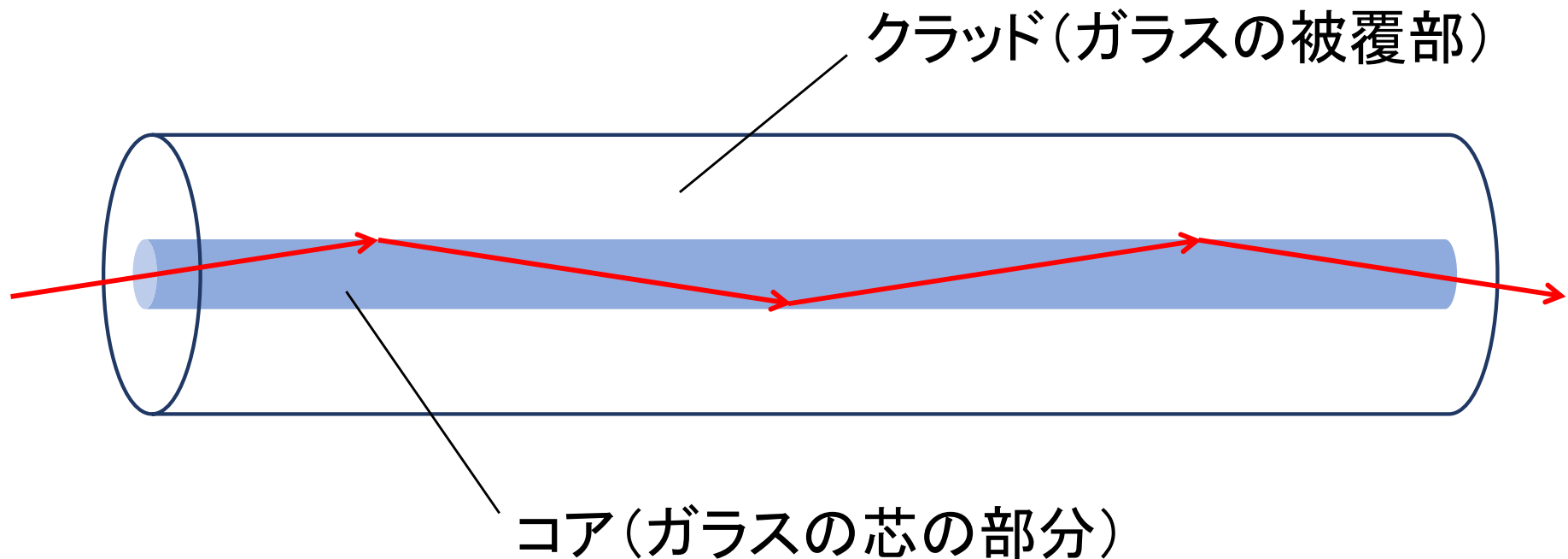
シリカガラスでできた外径0.125 mmの細い糸である。

シリカガラス: 二酸化珪素 ( $\text{SiO}_2$ )  
からなる透明性の高いガラス



# 光ファイバーの原理

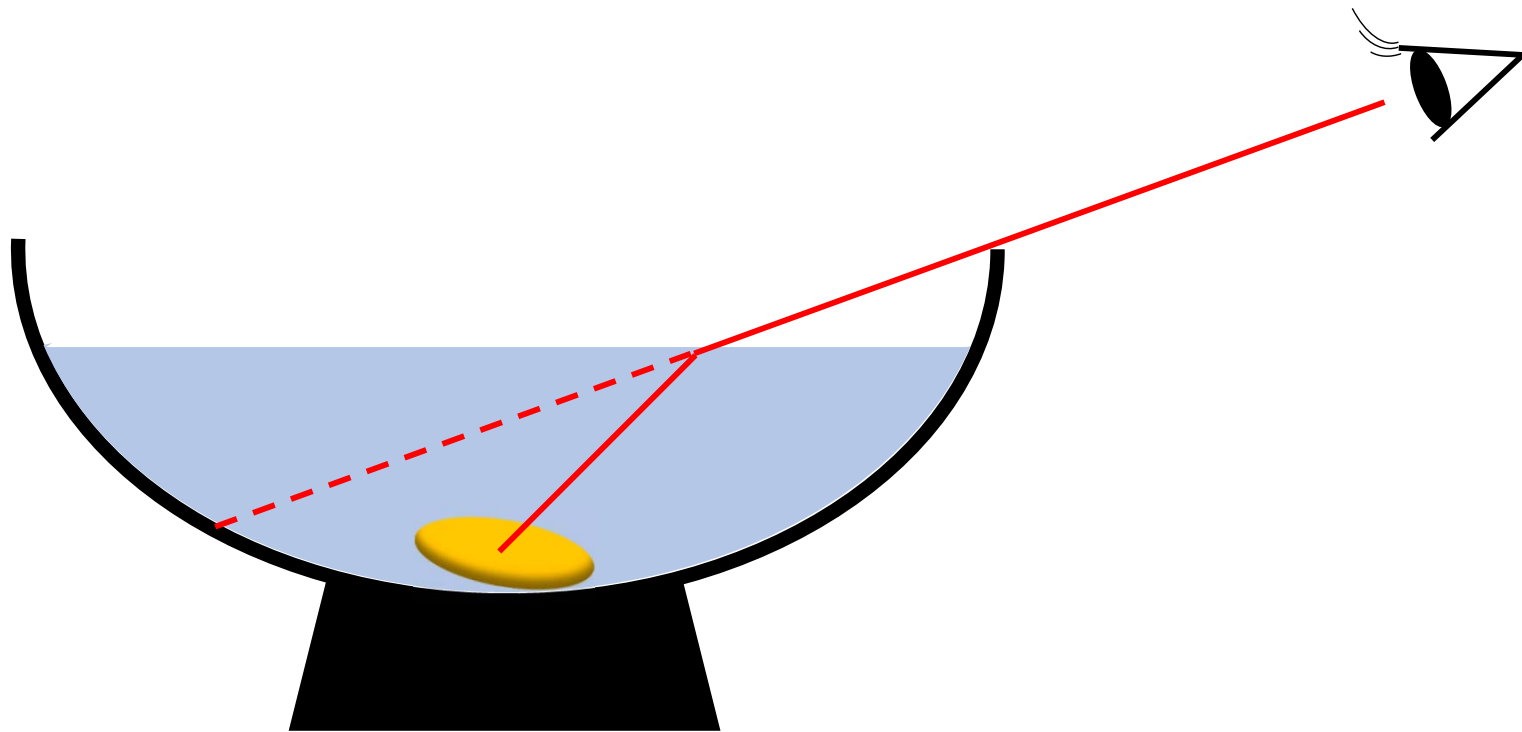
**屈折率**が高いコアの中に、全反射で光を閉じ込めて光信号を遠くまで伝える。



# 光の屈折

屈折率が異なる境界面では、光の進路が曲がる。

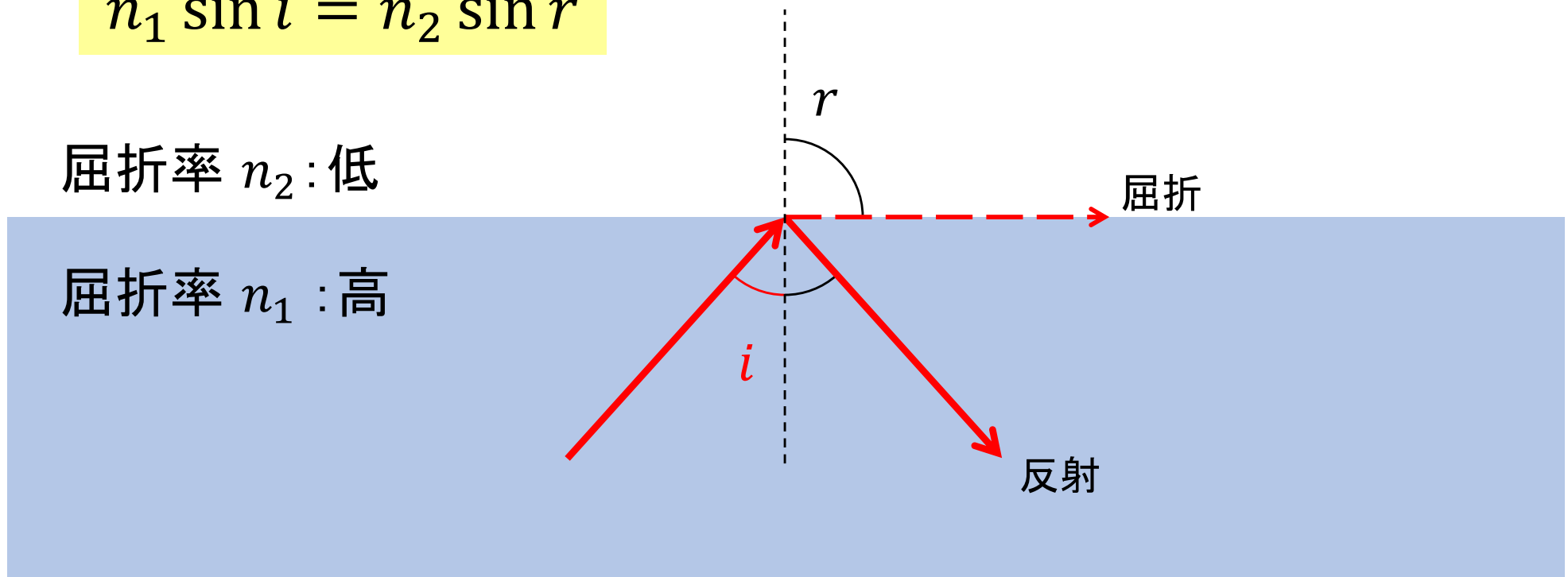
お椀に水を入れると、底にある物が見えるようになる。



# 全反射

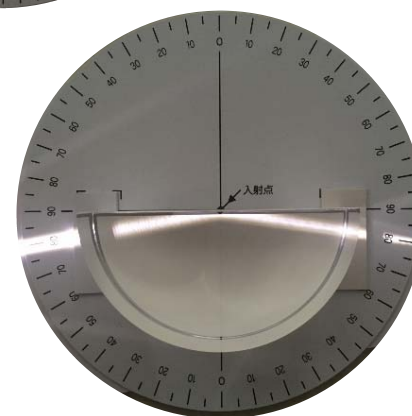
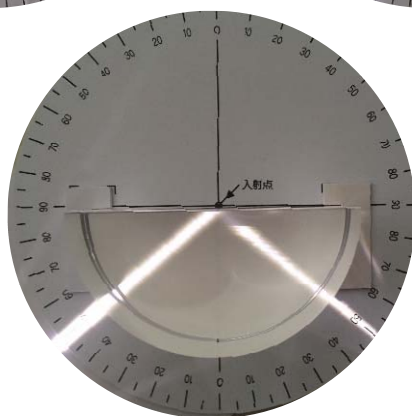
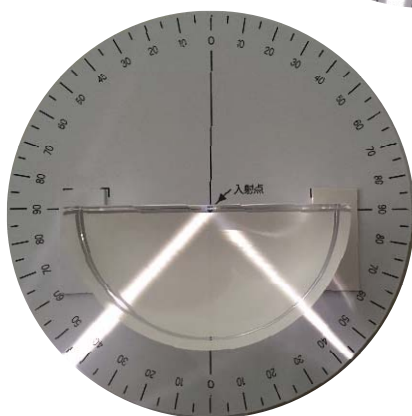
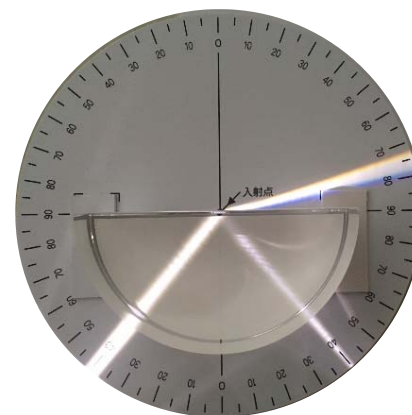
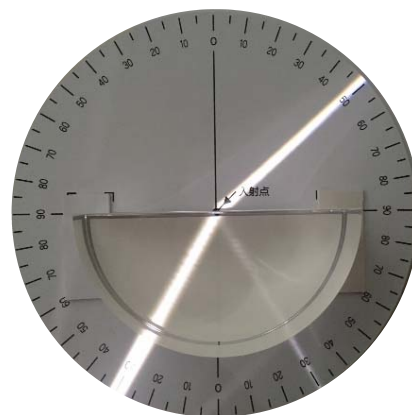
光の進路が曲がる角度は、屈折の法則で決まる。  
屈折率の高い側から、ある角度(臨界角)より大きい角度で  
光を入射すると、屈折光は存在せず**100%反射される**。

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$



# 全反射

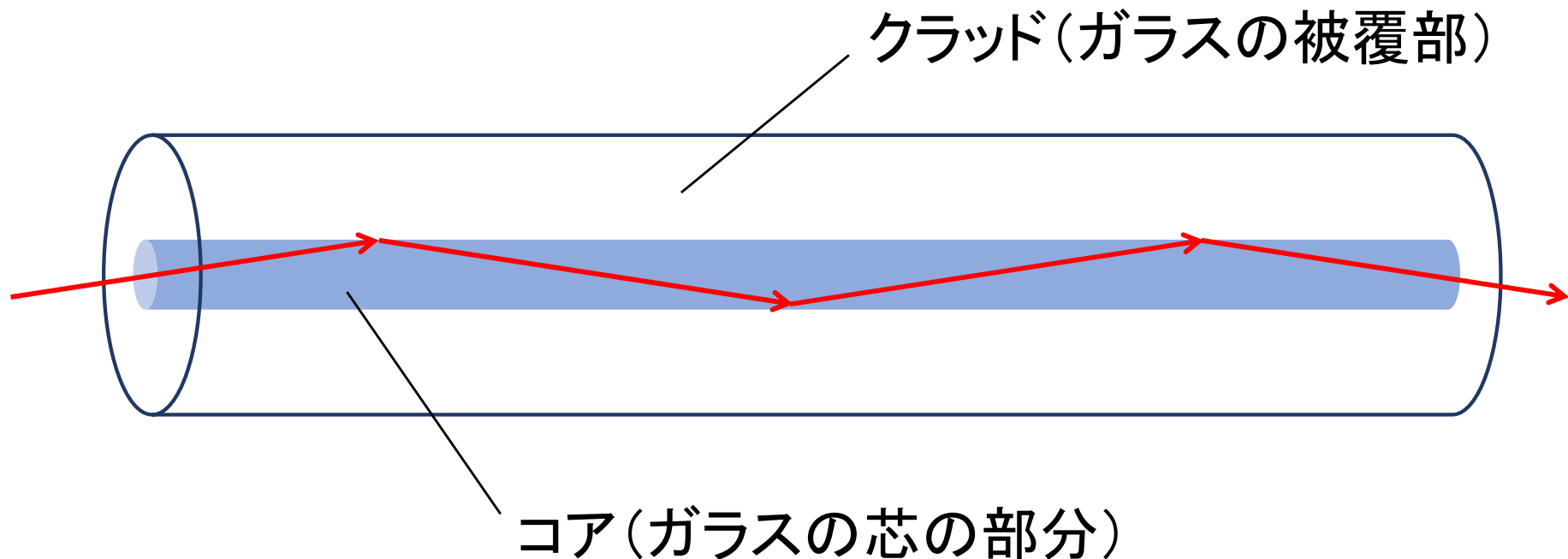
屈折率の高い側から、ある角度(臨界角)より大きい角度で光を入射すると、屈折光は存在せず**100%反射される**。





# 光ファイバーの原理

屈折率の高いコアの中に、全反射で光を閉じ込めて光信号を遠くまで伝える。

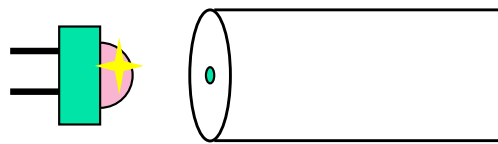


ただし、コア径が光の波長と同程度の場合には、波動光学的な取り扱いが必要になる。

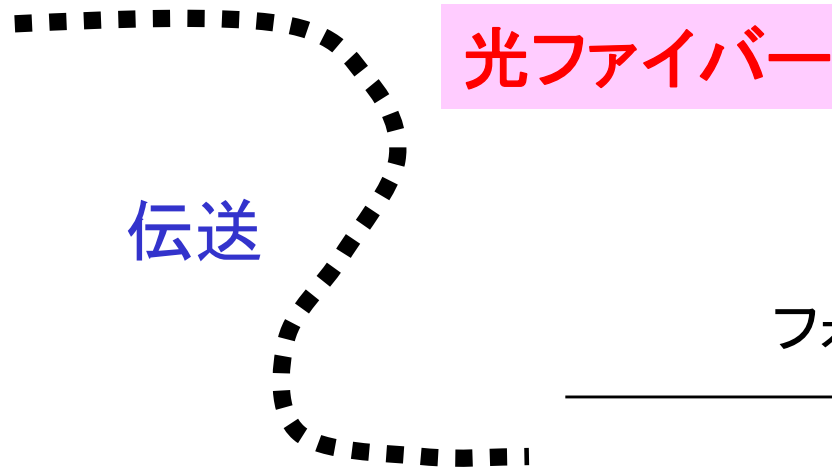
# 光ファイバーによる通信

いわば、最先端の糸電話である。  
ただし、伝わるのは(音ではなくて) **光＝電磁波**である。

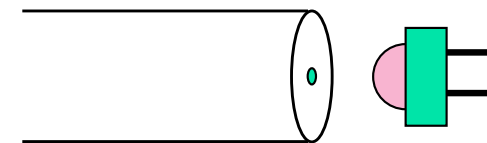
半導体レーザー



電気信号を光信号に  
変換して送信



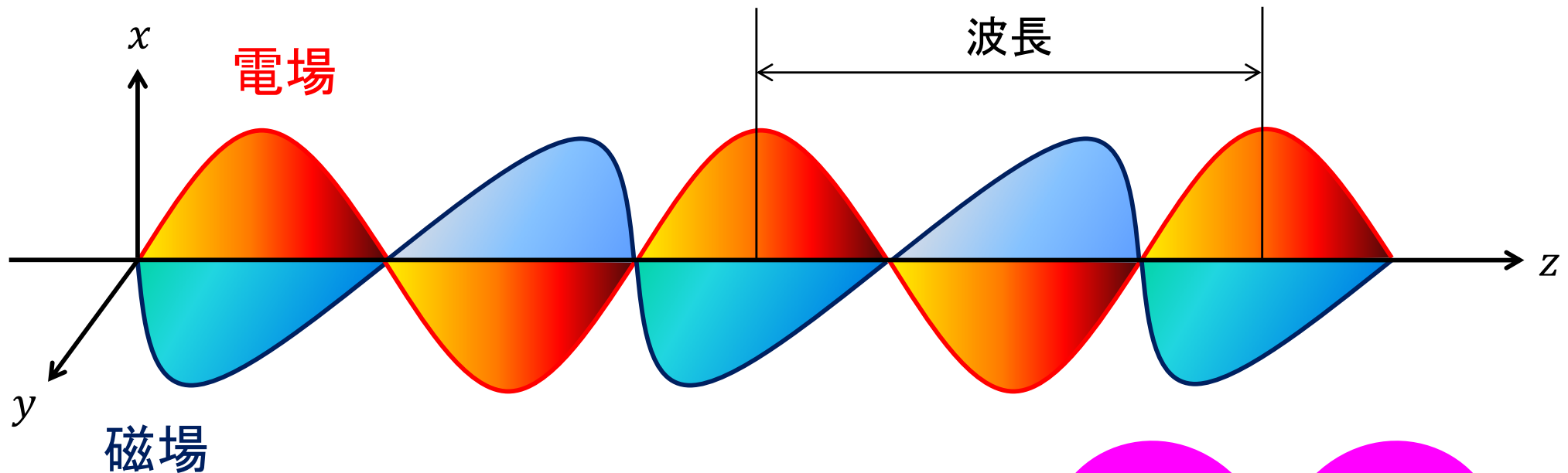
フォトダイオード



光信号を電気信号に  
変換して受信

# 電磁波

電場と磁場が直交して振動しながら伝わる横波である。

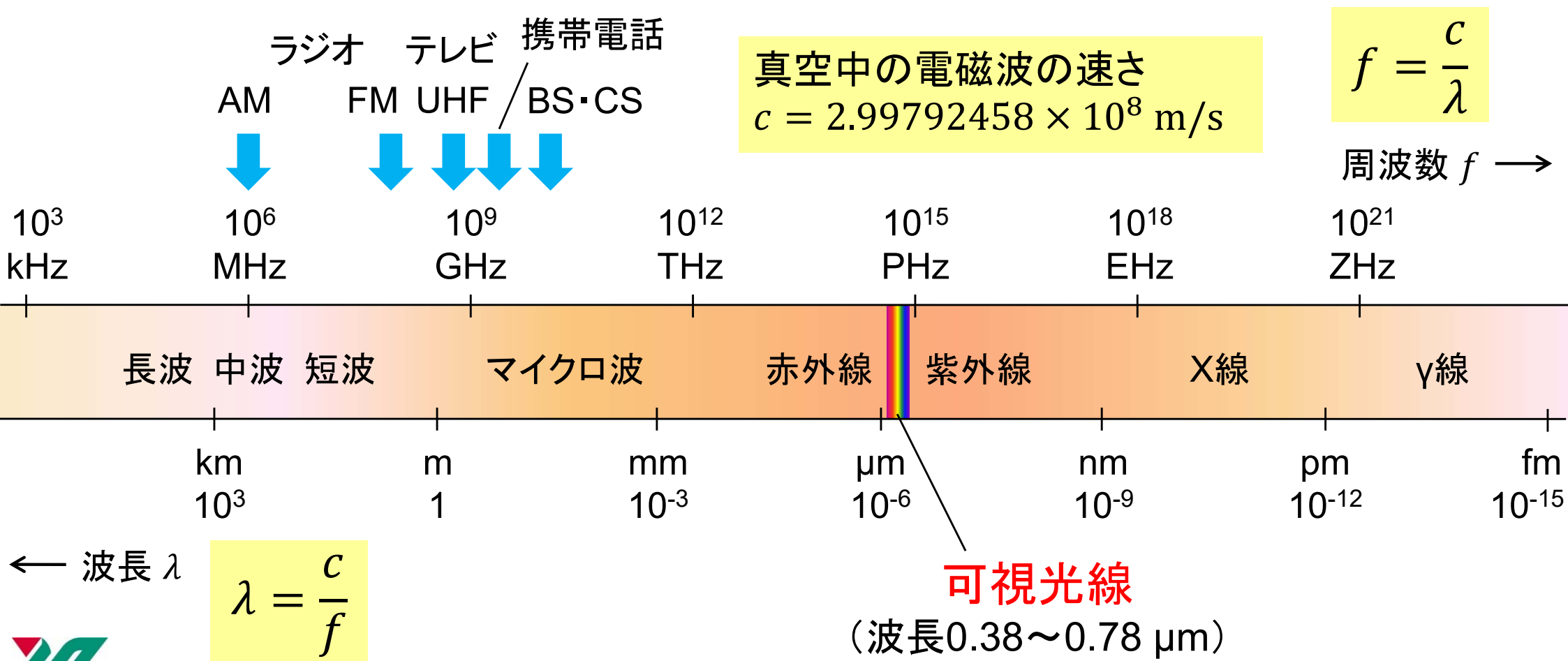


真空中の電磁波の速度 秒速 約30万km  
(正確には、秒速299,792.458 km)  
 $c = 2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$



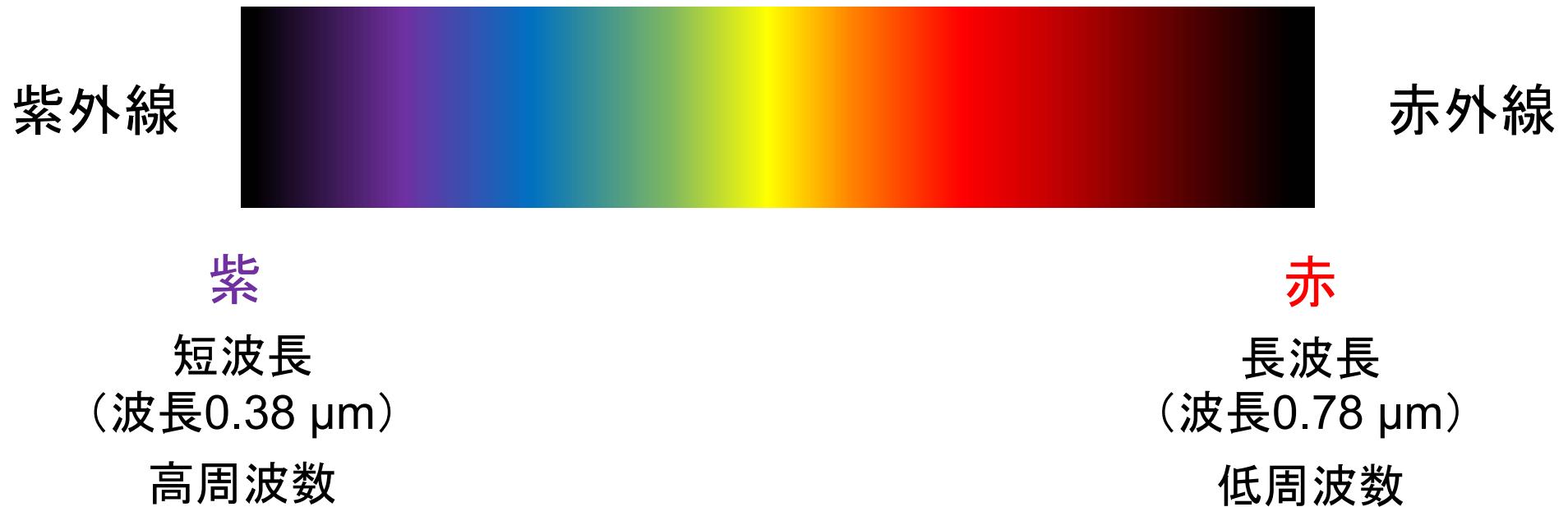
# 電磁波の周波数と波長

光は、無線通信に用いられる電波やマイクロ波に比べて周波数の高い(波長の短い)電磁波である。



# 光のスペクトル

目に見える光(可視光)には、色(波長、周波数)の異なる光が含まれている。



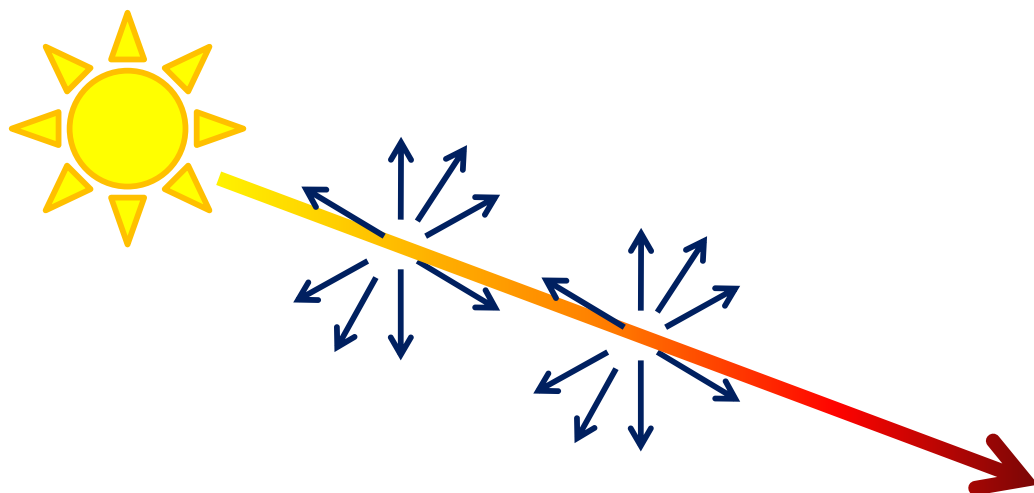
光ファイバー通信に適した光の波長は？



# レイリー散乱

光ファイバーのガラス中では光の散乱が起こる。

→ 波長が短い光ほど強く散乱され、損失が大きくなる。



ガラスに限らず、屈折率が不均一な物質中では一般に起こる現象で、これをレイリー散乱という。

→ レイリー散乱の大きさは波長の4乗に反比例する。

空が青く見えるのは  
上空で散乱された青い光が  
目に見えるため

夕陽が赤く見えるのは  
太陽光が空気中を伝播する間に  
赤い光だけが残るため



# 振動吸収

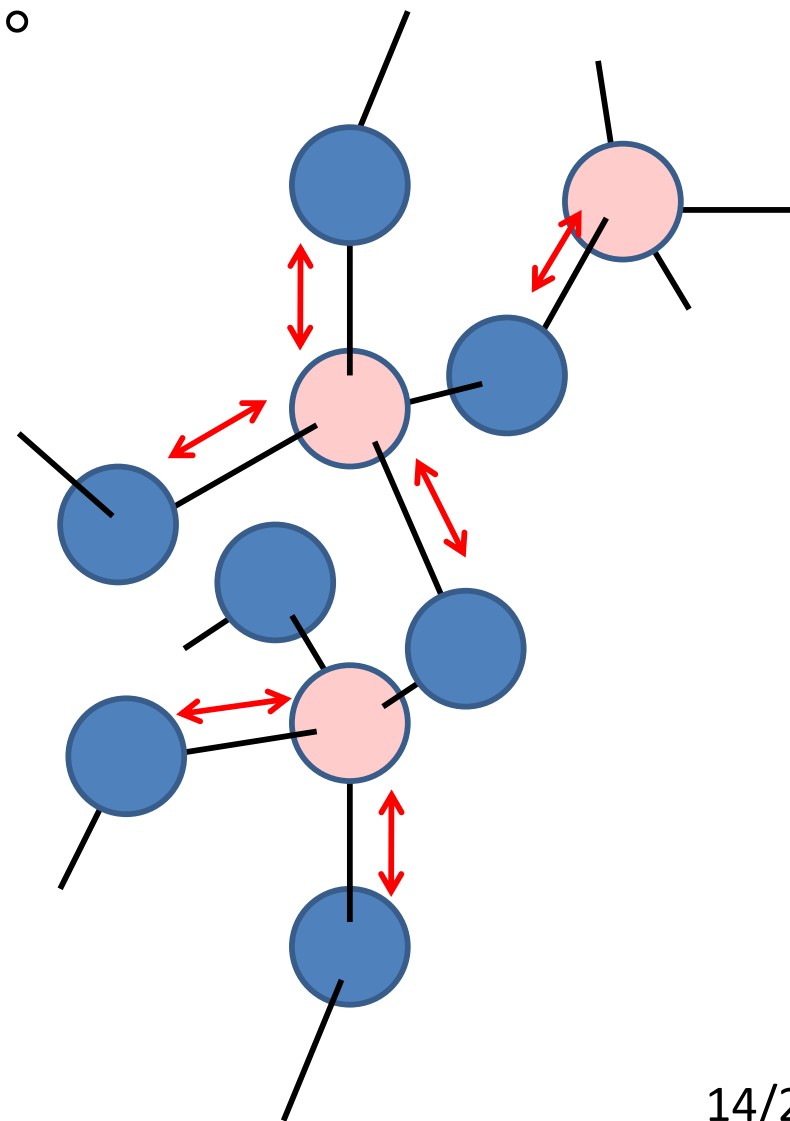
シリカガラスは、Si-O原子間の伸縮振動に共振する波長10  $\mu\text{m}$ 付近の赤外線を吸収する。

→ 可視光から波長が長くなるほど損失が大きくなる。

※振動吸収は、原子の質量と結合の強さによって決まる特定の波長に現れる。

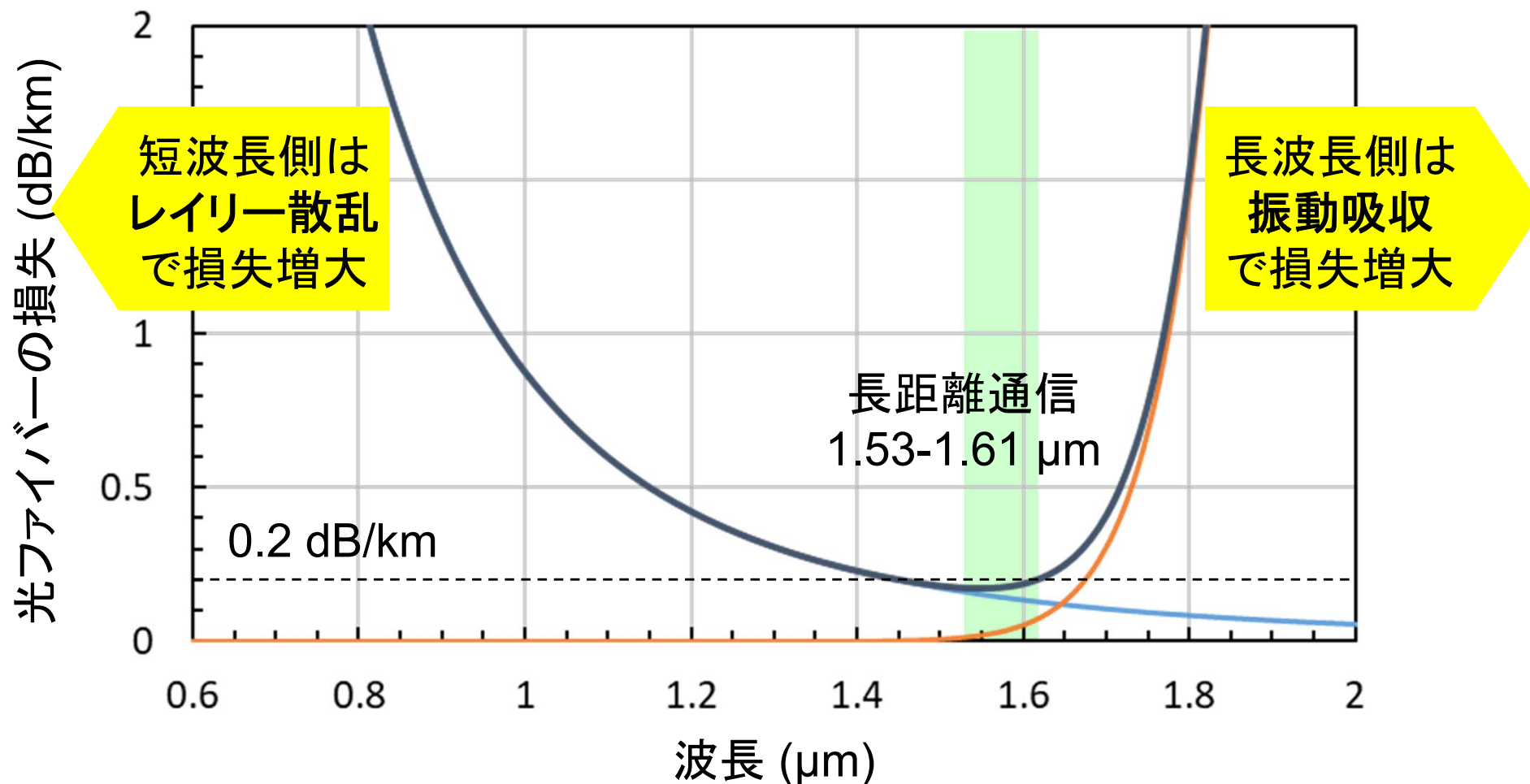
二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )による温室効果は波長15  $\mu\text{m}$ 付近の振動吸収によるもの

海が青く見えるのは、水( $\text{H}_2\text{O}$ )の波長2.8  $\mu\text{m}$ 付近の振動の倍音が赤い光を吸収するため



# 光ファイバー通信波長帯

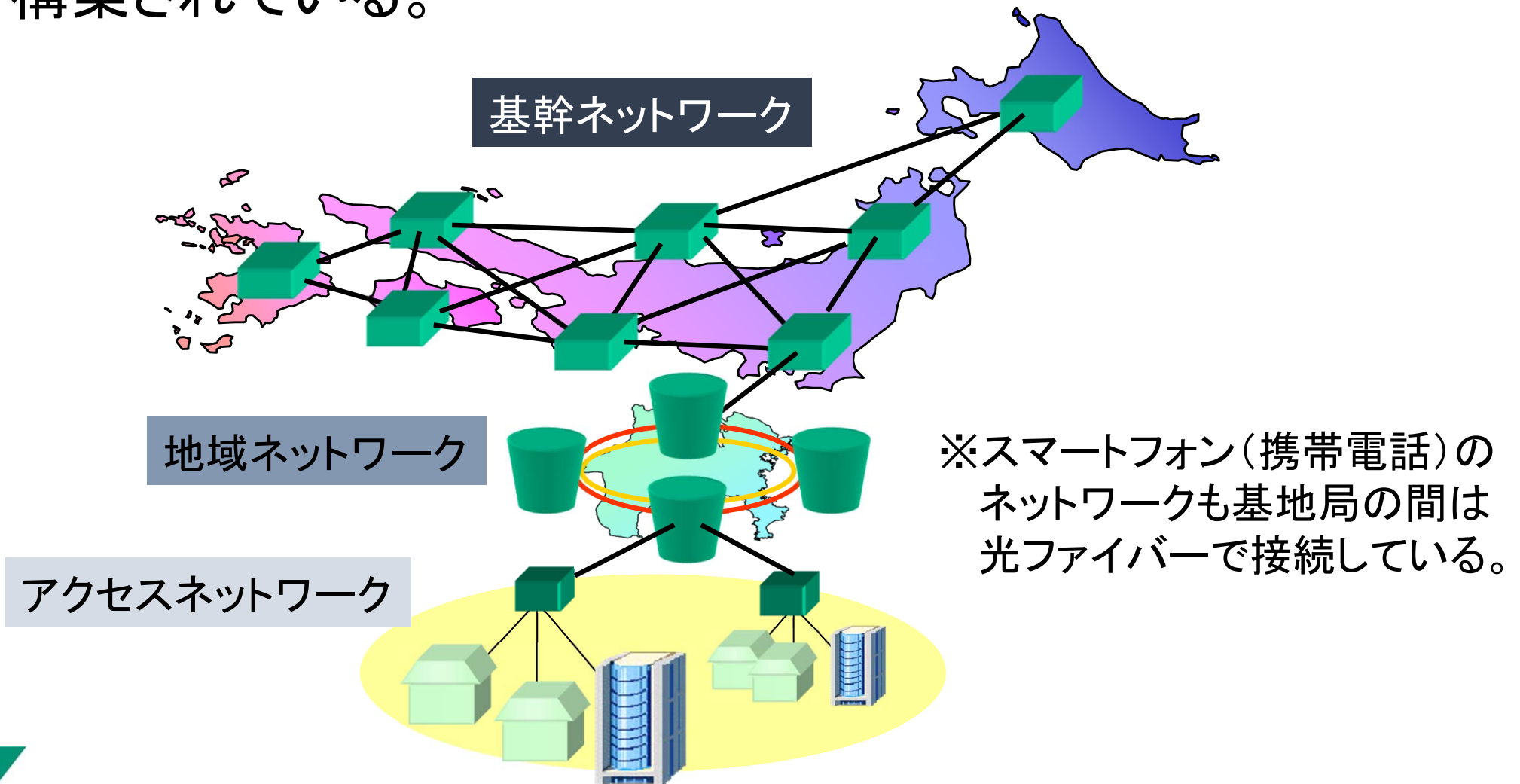
長距離通信には、波長 $1.55\ \mu\text{m}$ 帯の赤外光が用いられる。





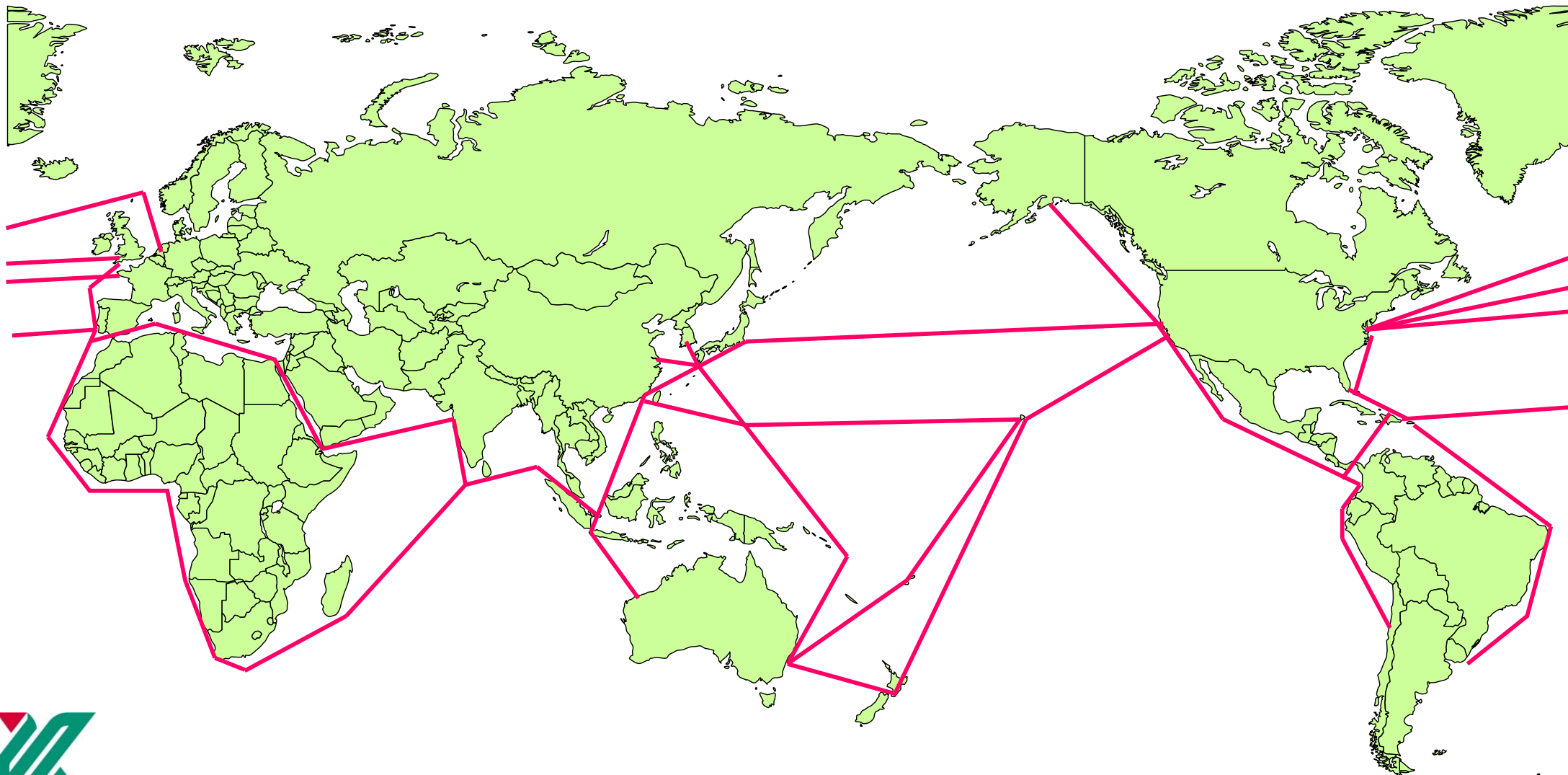
# 光ファイバー通信ネットワーク

国内の基幹通信ネットワークは、ほぼ全て光ファイバーで構築されている。



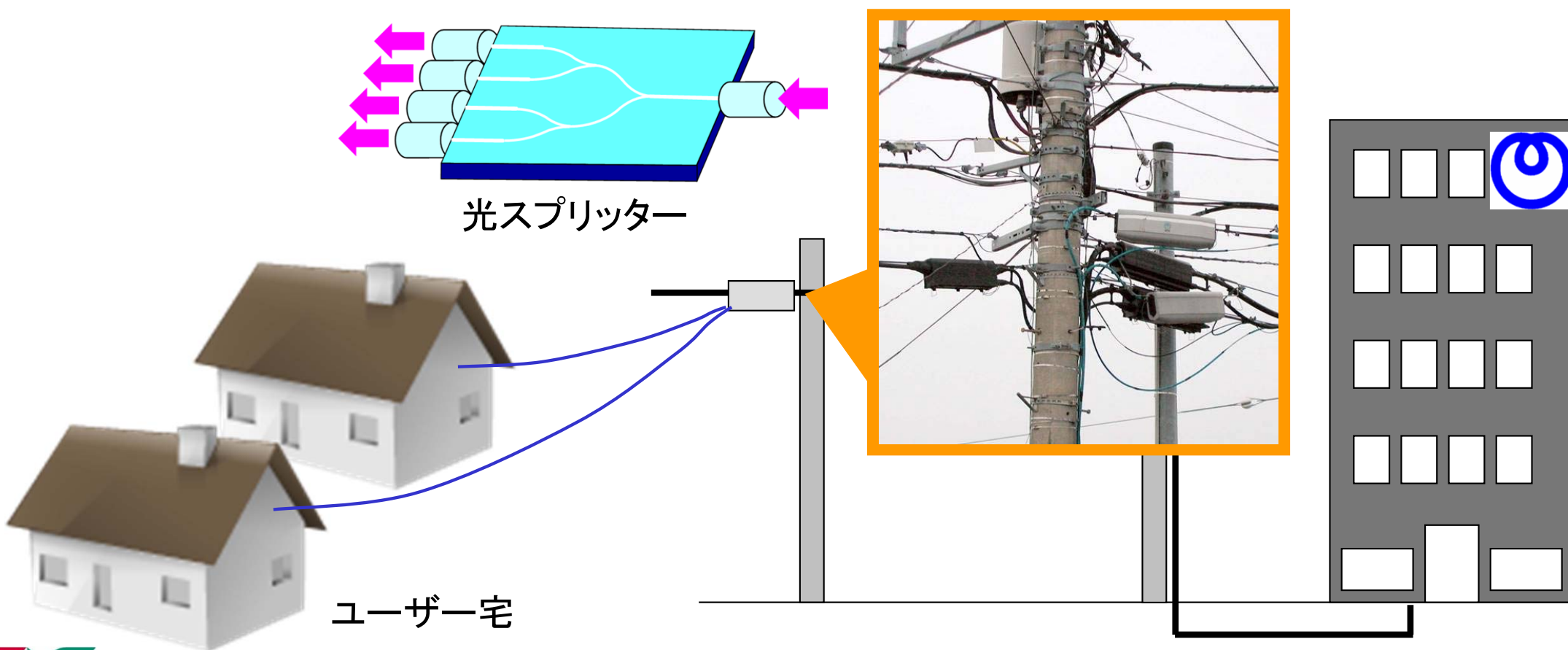
# 海を越えて

地球を25周以上する海底光ケーブルが敷設されている。



# アクセスネットワーク

アクセスネットワークでは、屋外に設置された光スプリッターで各ユーザー宅に光信号が分配されている。



# そして、家まで



光ファイバー  
(架空)



光ファイバー  
(宅内)



映像STB

ひかり電話ルーター

光回線終端装置

# まとめ

インターネットに接続されたパソコンだけでなく、スマホからの通信も基地局の間では、髪の毛ほどの細いガラスでできた光ファイバーを通して信号が送られています。

光ファイバーで遠くまで信号を伝えるために、屈折率の高いコアに光を閉じ込めて、短波長側の散乱（「**夕陽はなぜ赤いのか**」に関連）と長波長側の吸収（「**海はなぜ青いのか**」に関連）の影響が最も小さい赤外光を用いて通信が行われています。

今後ますます発展が予想される情報化社会に対応し、人類の幸福に貢献するため、光ファイバー通信の研究開発が続けられています。

