

## 4. 光

自然光 太陽光 生物光

効果 紫外線: 殺菌など

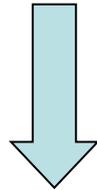
赤外線: 暖房など

人工光 蛍光、燐光

レーザ、LEDの発明

# 光についての考察

太陽光： 連続スペクトル

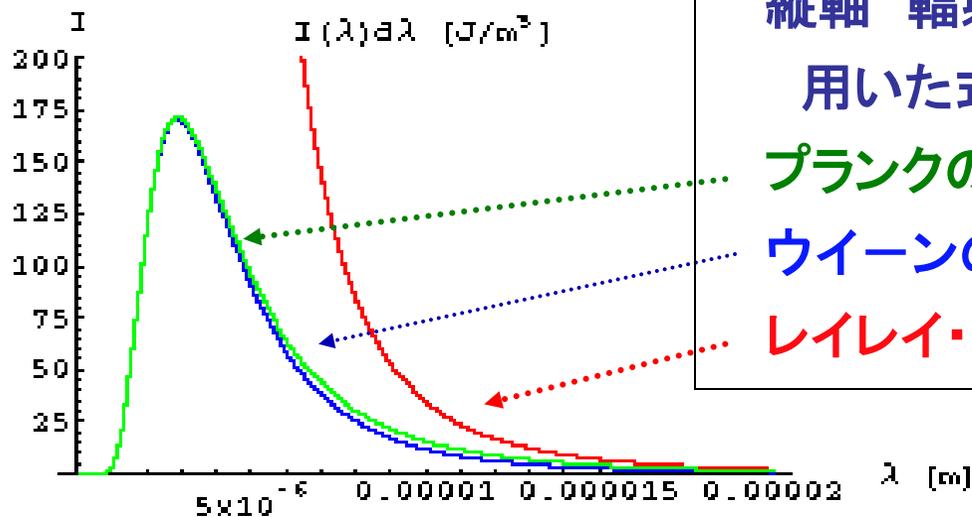


離散的なスペクトルの集積



$$E = \sum m \sum_{n=1}^{\infty} h \nu_n$$

# 参考1. 黒体輻射



黒体の温度 1000 K

縦軸 輻射密度 [J/m<sup>3</sup>]

用いた式

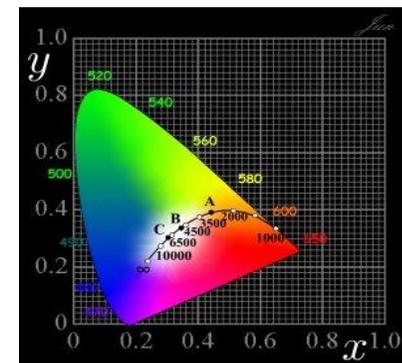
プランクの式

ウィーンの式

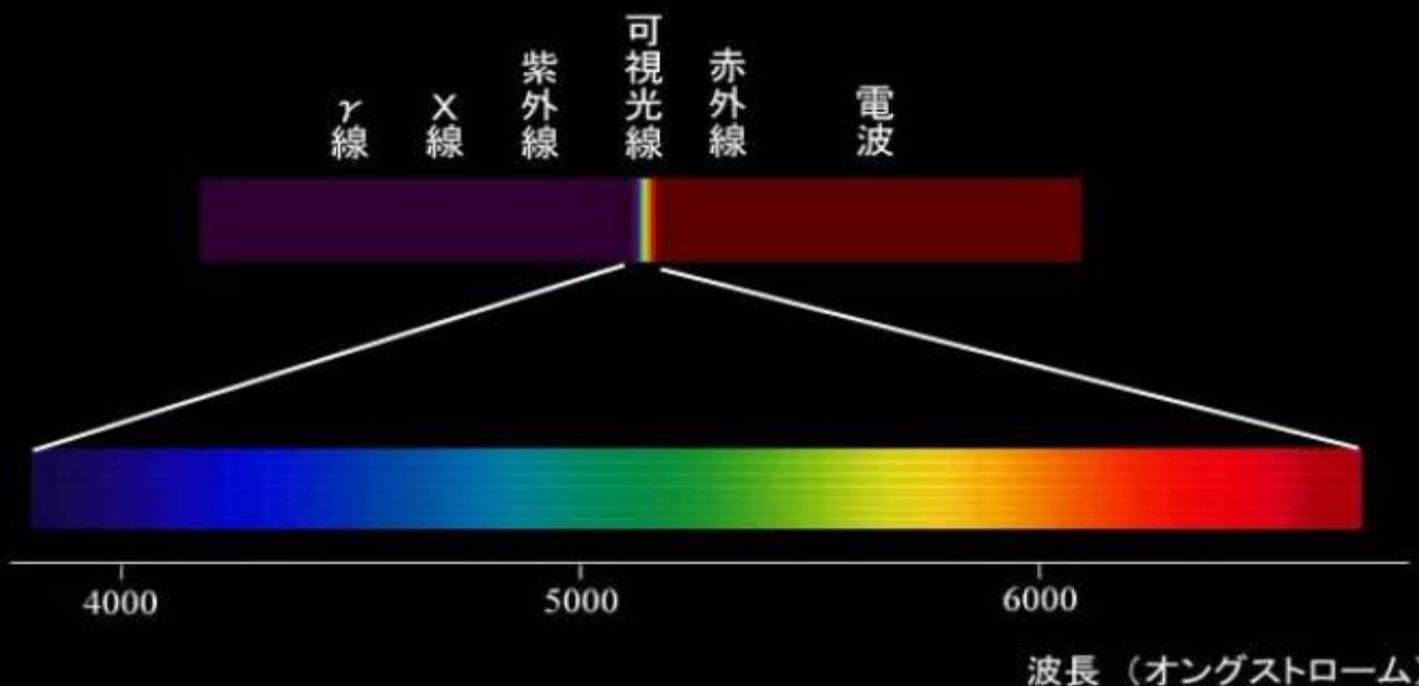
レイレイ・ジーンズの式

## プランクの公式

$$dw(\nu) = \frac{8\pi V}{c^3} h \nu^3 \frac{\exp(-h\nu/kT)}{1 - e^{(-h\nu/kT)}} d\nu$$



*The Electromagnetic Spectrum*

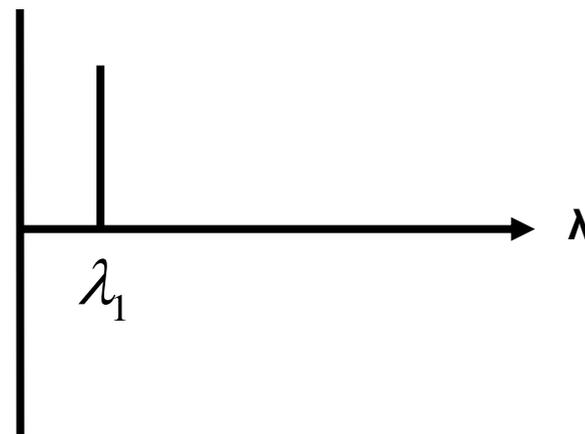
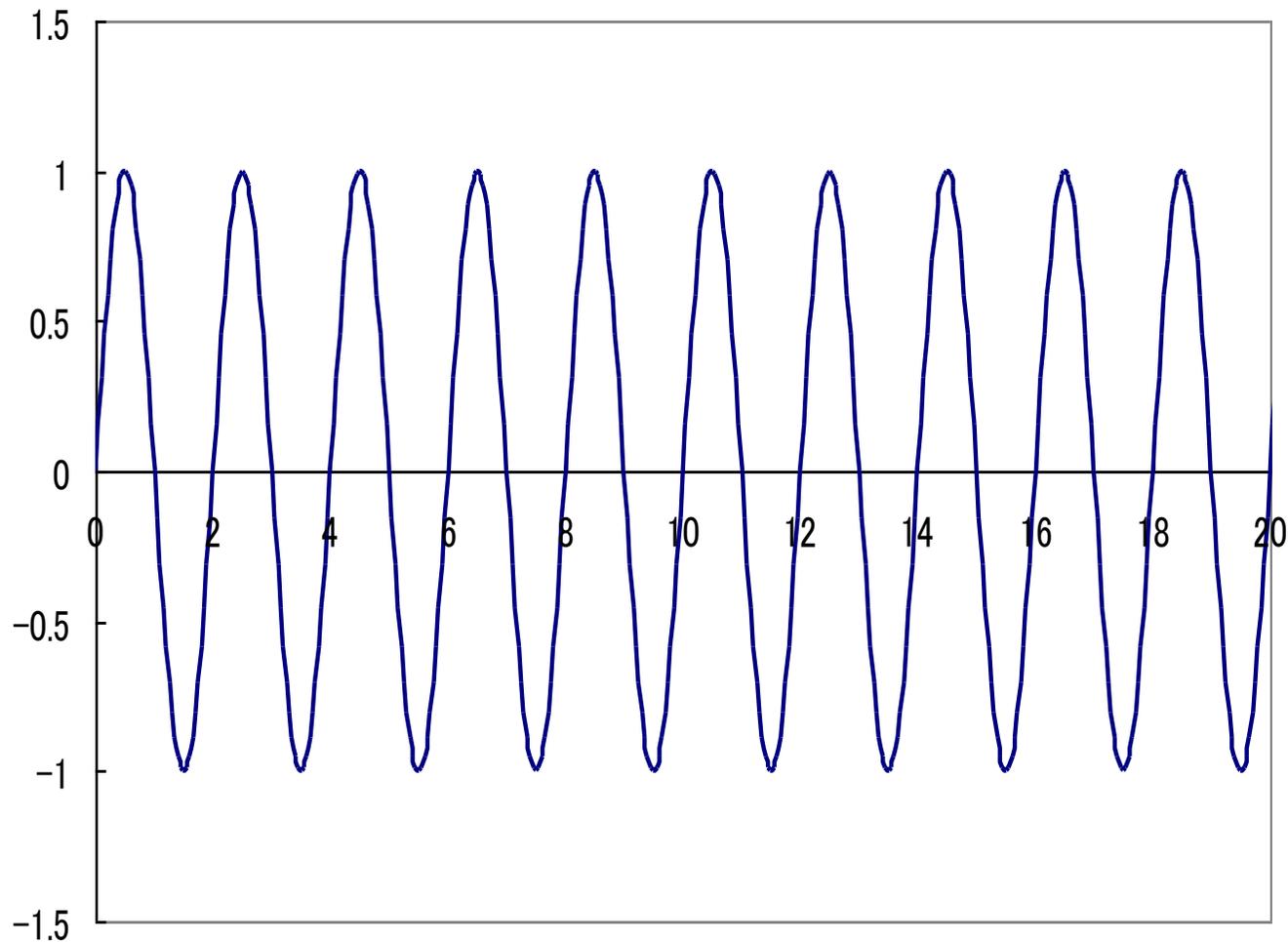


*Yumi.A*

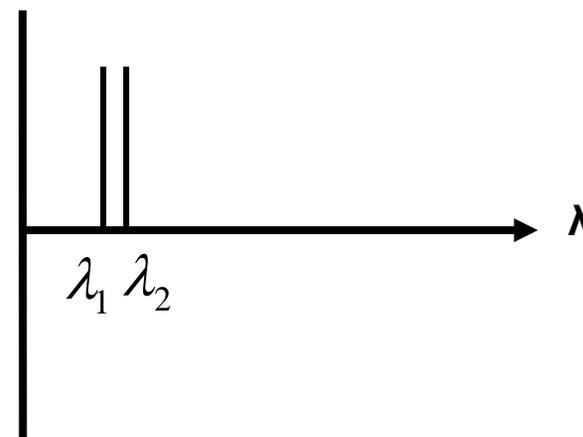
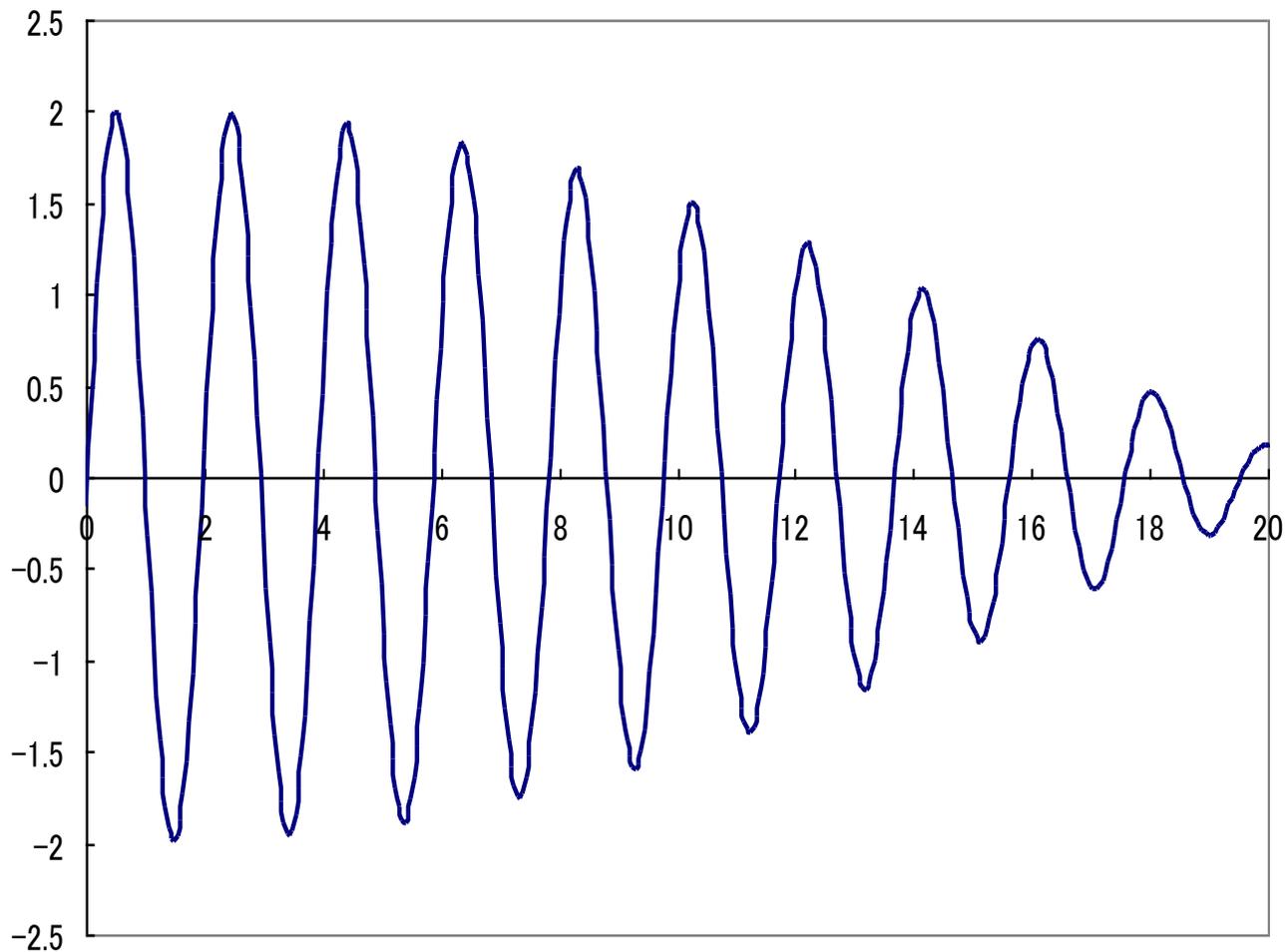
	波長 [nm]	振動数 [Hz]
紫(violet/purple)	380-430	$7.0-7.9 \times 10^{14}$
青(blue)	430-490	$6.1-7.0 \times 10^{14}$
緑(green)	490-550	$5.5-6.1 \times 10^{14}$
黄(yellow)	550-590	$5.1-5.5 \times 10^{14}$
橙(orange)	590-640	$4.7-5.1 \times 10^{14}$
赤(red)	640-770	$3.9-4.7 \times 10^{14}$

	波長領域	振動数
電波(radio)	mm, cm, m, km	$\sim 10^{12}$ Hz
赤外線(infrared)	$\mu\text{m}$	$\sim 10^{13}$
可視光線(visual)	0.5 $\mu\text{m}$	$\sim 10^{14}$
紫外線(ultraviolet)	nm, $\mu\text{m}$	$\sim 10^{16}$
X線(X-ray)	Å, 0.1nm	$\sim 10^{19}$
γ線(gamma-ray)	0.001nm	$\sim 10^{21}$

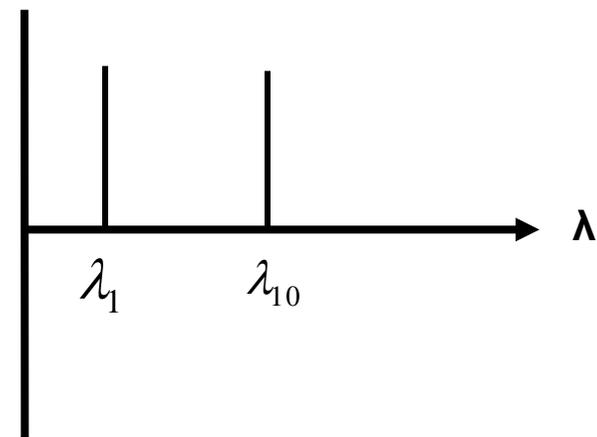
# 光の混合 (1) 1波の場合



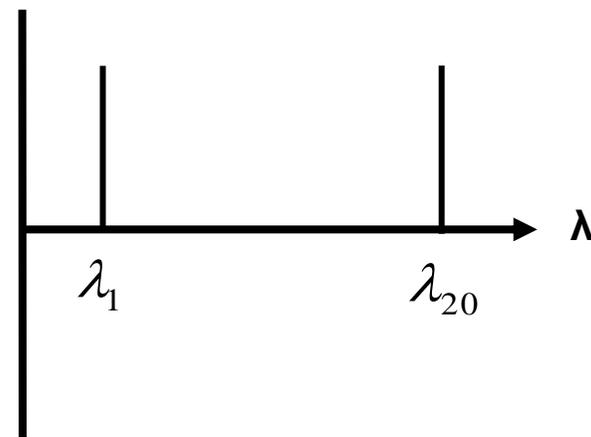
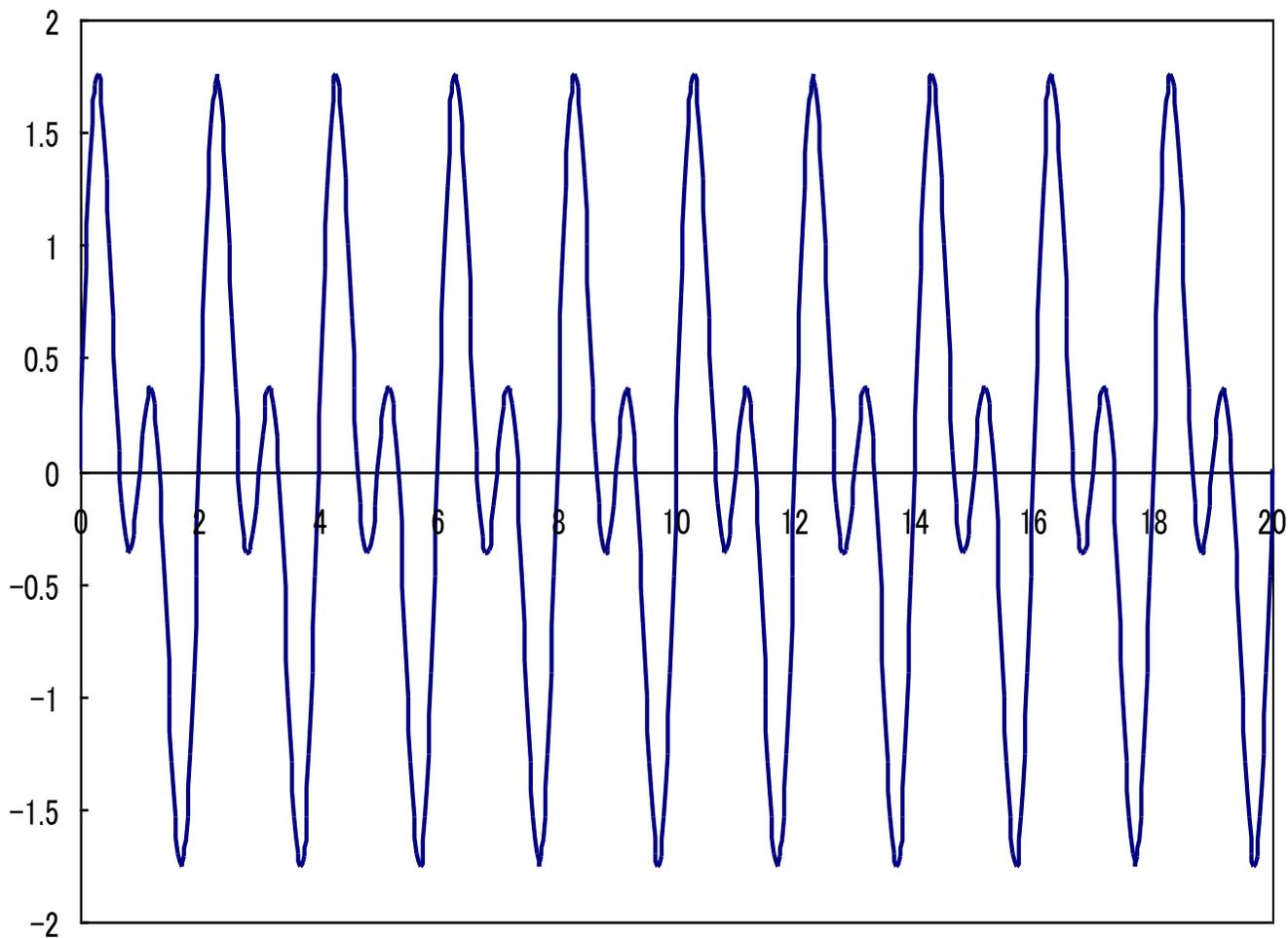
# 光の混合 (2) 2波の場合 例1



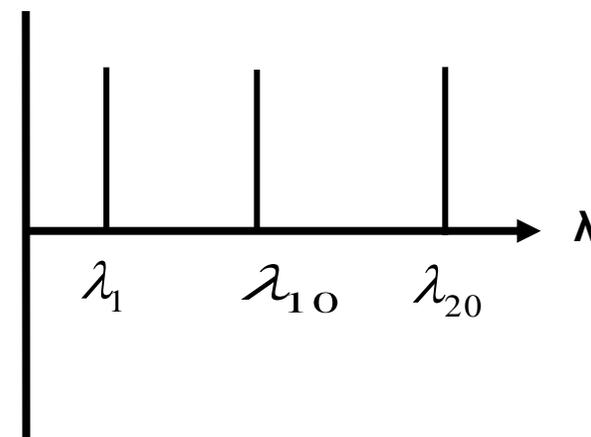
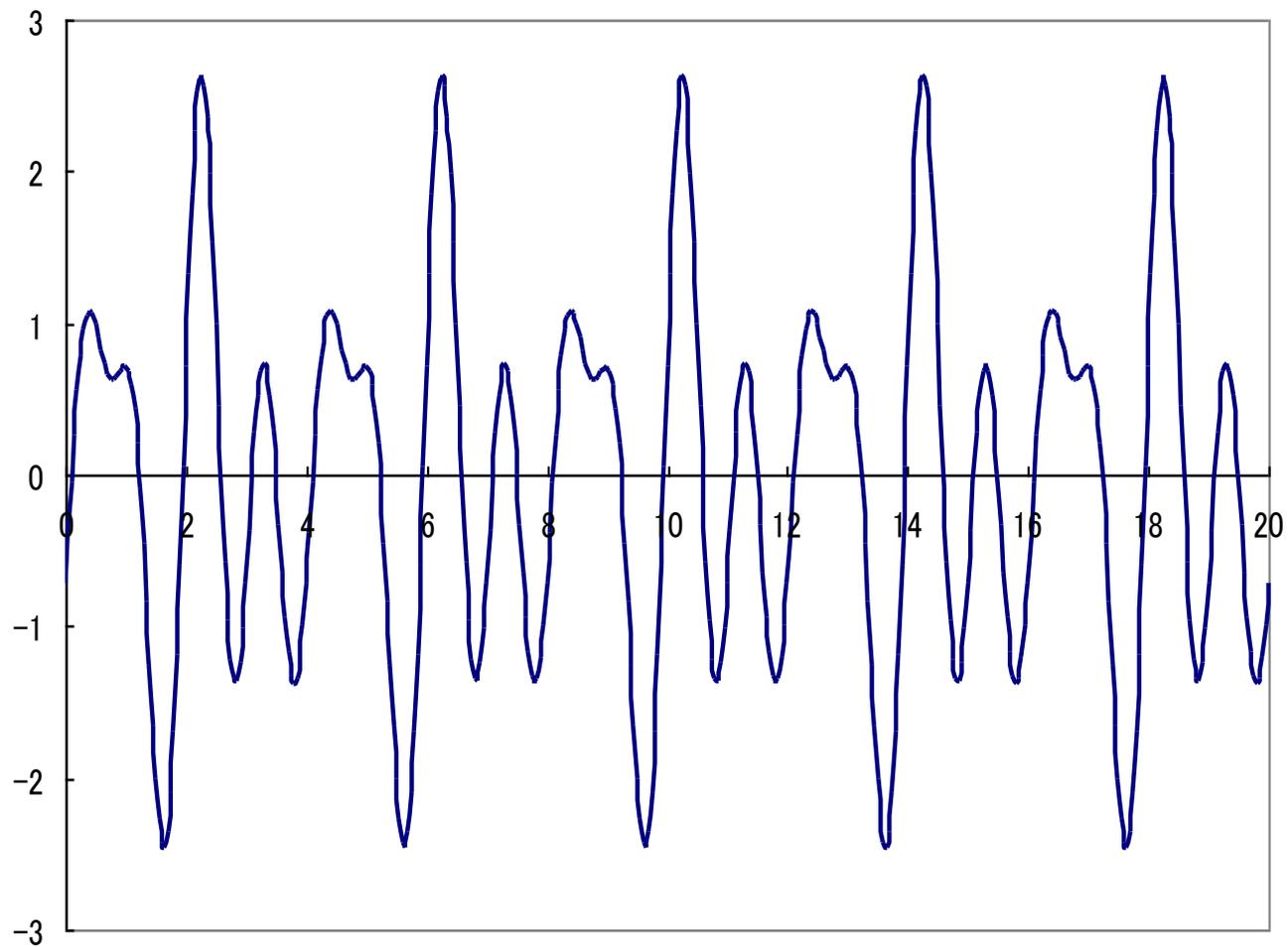
# 光の混合 (2) 2波の場合 例2



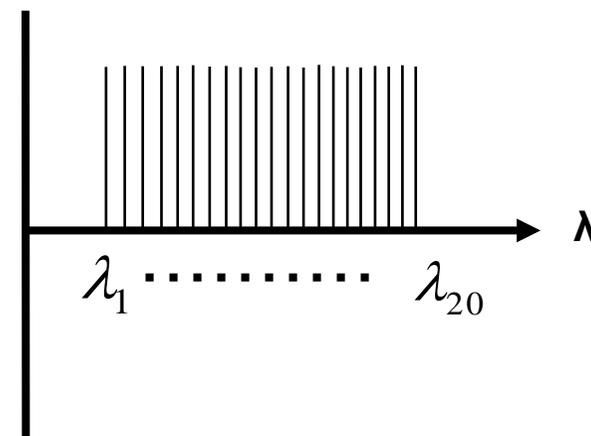
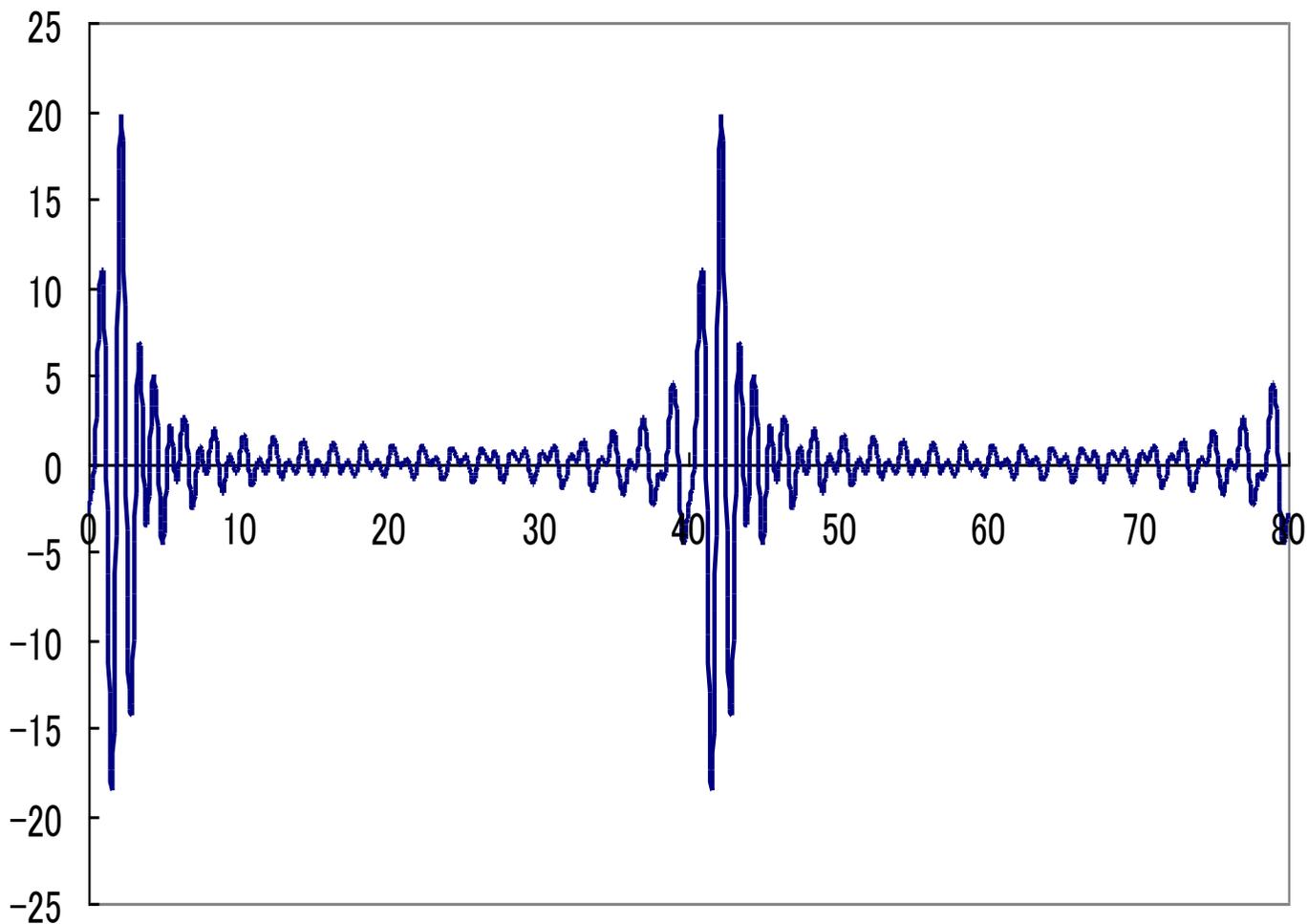
# 光の混合 (2) 2波の場合 例3



# 光の混合 (3) 3波の場合



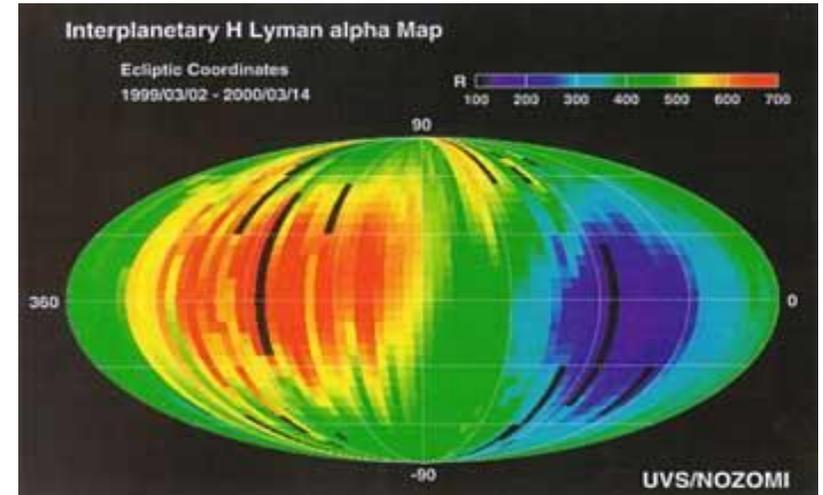
# 光の混合 (4) 20波の場合



## 参考2. 光の強度と電界の関係

$$I \propto E$$

$$I = \frac{c\epsilon_0}{2} E^2$$



強度は電界の2乗に比例する

# 光速 (C) について

$$c = \lambda \cdot \nu$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \nu : \text{振動数} \\ \lambda : \text{波長} \\ c : \text{速さ} \end{array} \right.$$

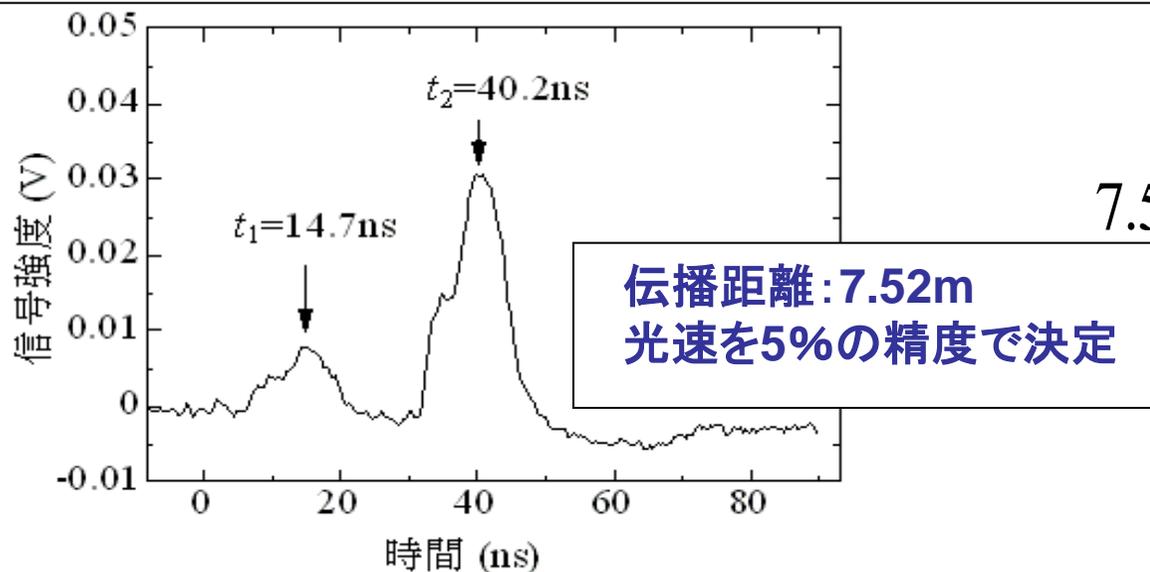
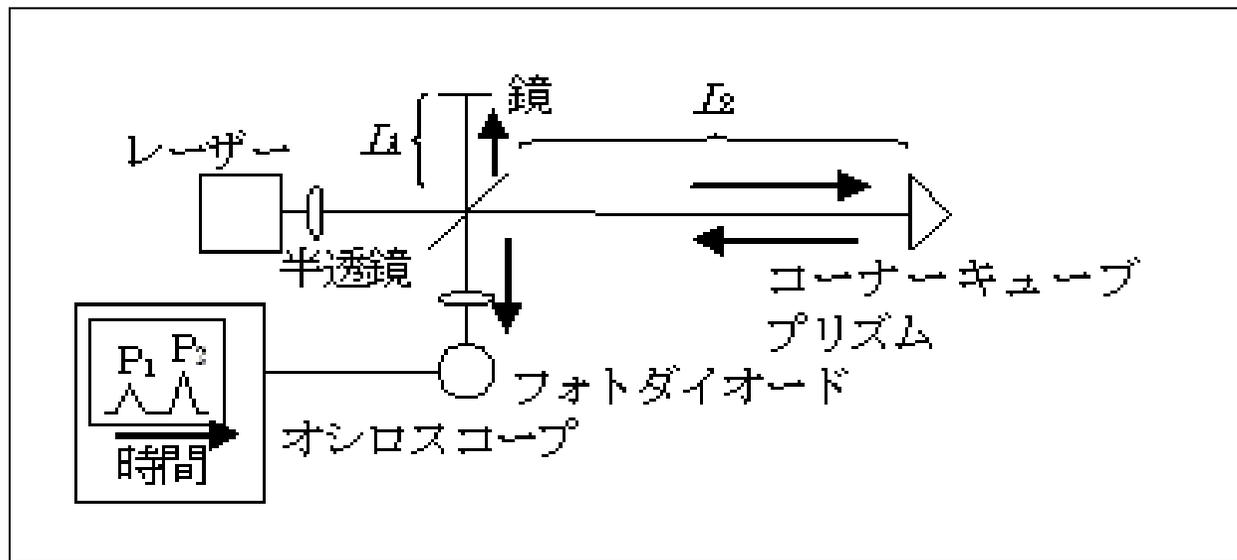
位相速度 …… 光波の速度

$$v_p = c_0 = \frac{\omega}{k}$$

群速度 …… パルス光の移動速度

$$v_g = \frac{d\omega}{dk} = \frac{v_p}{\left(1 - k \frac{dv_p}{d\omega}\right)}$$

# 半導体レーザーによる高速測定



【計算値】

$$7.52[m] \div 25.5[ns] = 2.95 \times 10^8 [m/s]$$

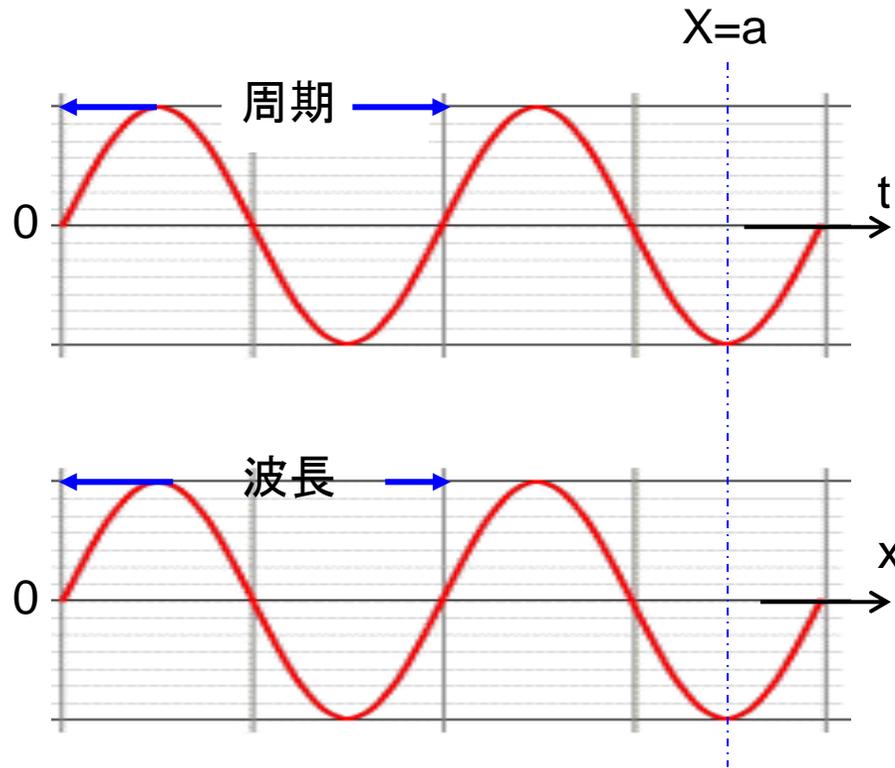


$$(3.00 \times 10^8 [m/s])$$

# よく間違えること

$$\text{波数} : k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{c}$$

$$\text{角周波数} : \omega = 2\pi\nu$$

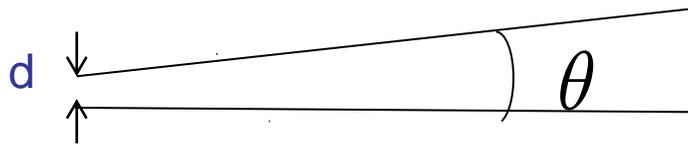


$$E = E_0 e^{i(\omega t - kx)}$$

t 時間で  $x=a$  の場所での波は、 $x=0$  の光を  $a/c$  時間前に通過した波が届いている。

# 光の直進性

【レーザー光: ガウス型ビーム】



$$\theta \approx \frac{\lambda}{d} \text{ (rad)}$$

## 地球と月の比較



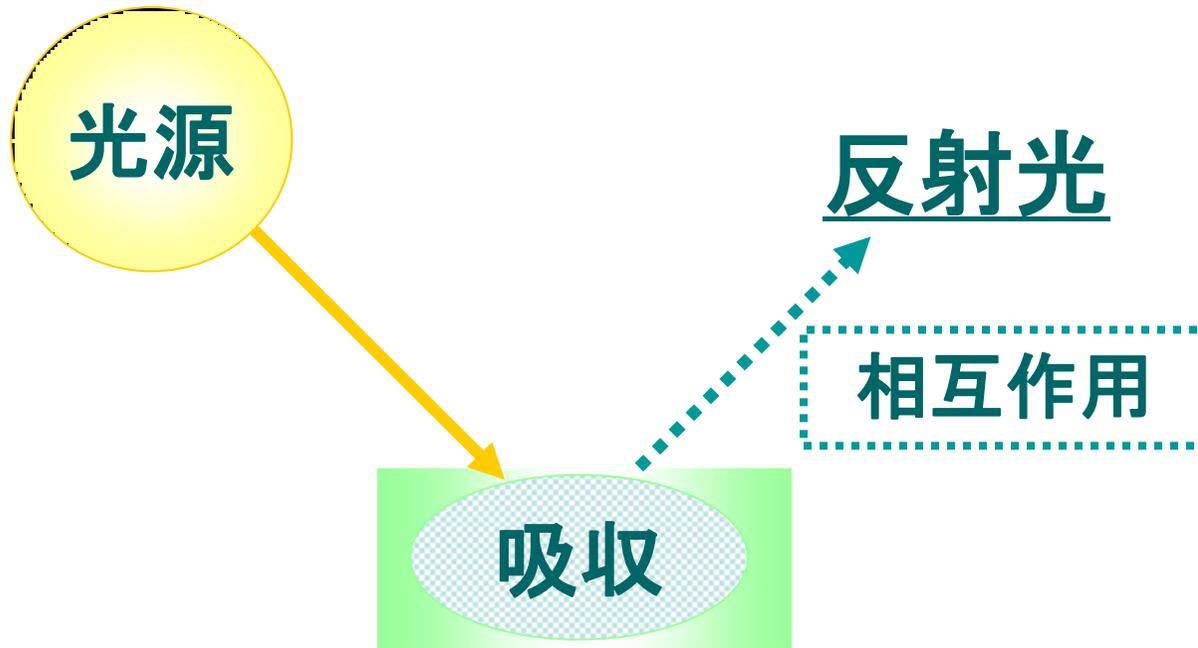
月まで届くと およそ100kmの広がり

# 紫外線について



- 紫外線 A(320~400[nm]) → 皮膚の内部まで届く
- 紫外線 B(280~320[nm]) → 皮膚の表面まで届く
- 紫外線 C(280以下[nm]) → 地表には届かない

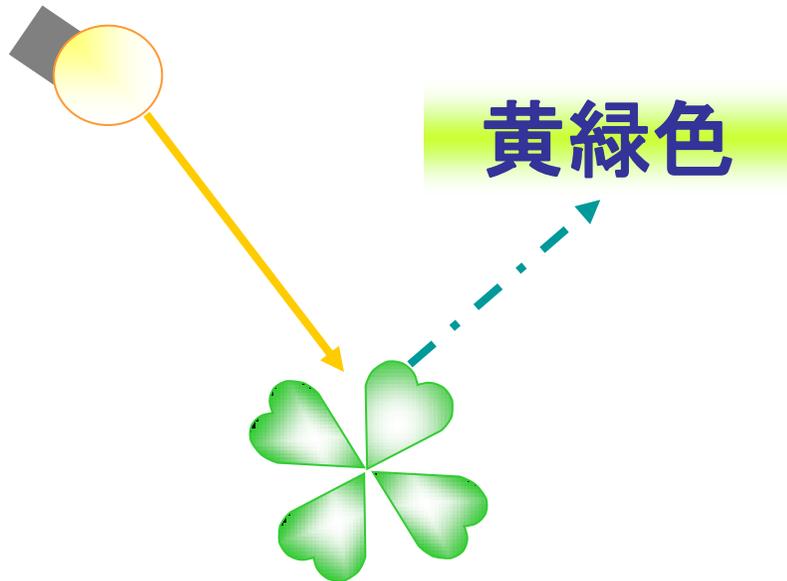
# 物体の色



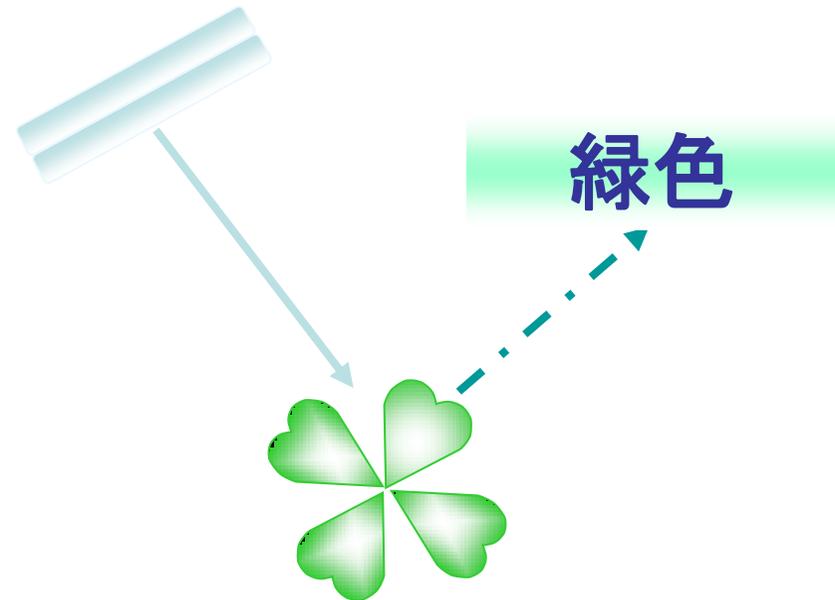
反射光が目の網膜に結像⇒色

# 光源による違い

白熱灯

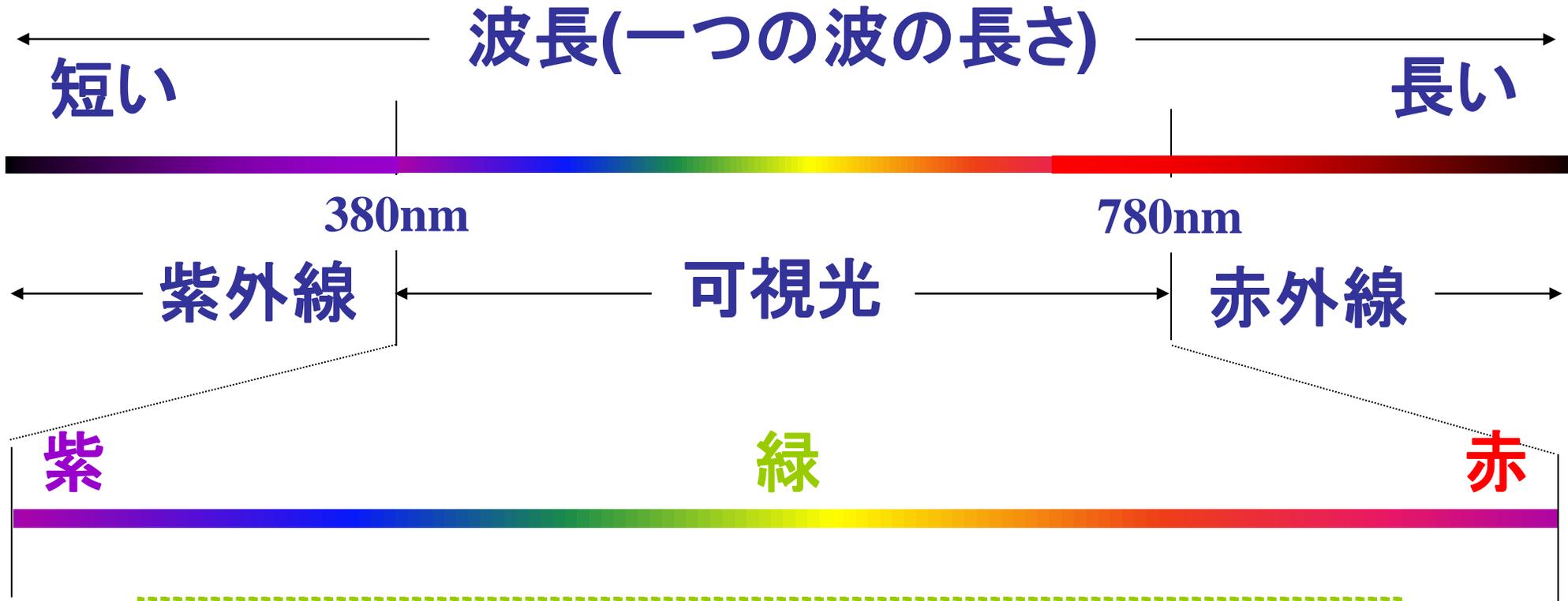


蛍光灯



光源により色は異なる

# 色と光の対応

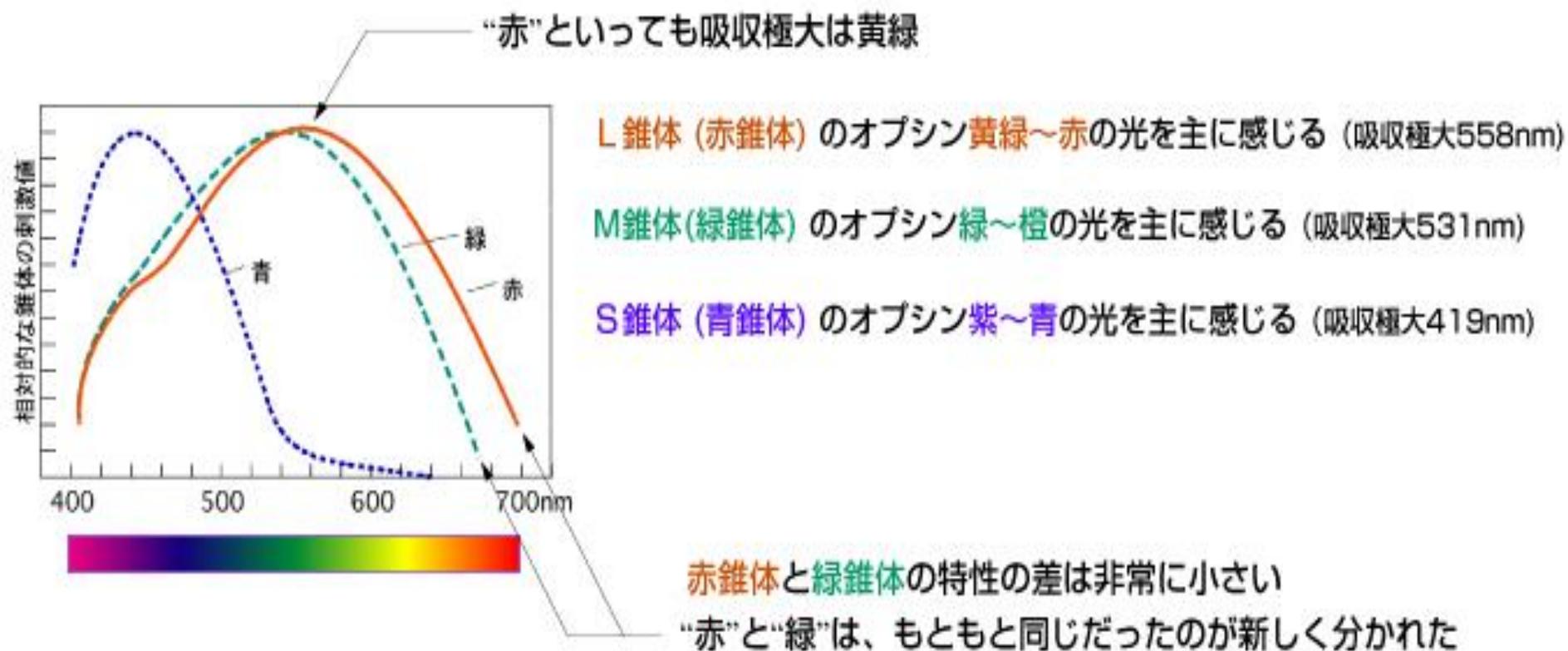


波長に対する強度分布→スペクトル

# 色の認識について

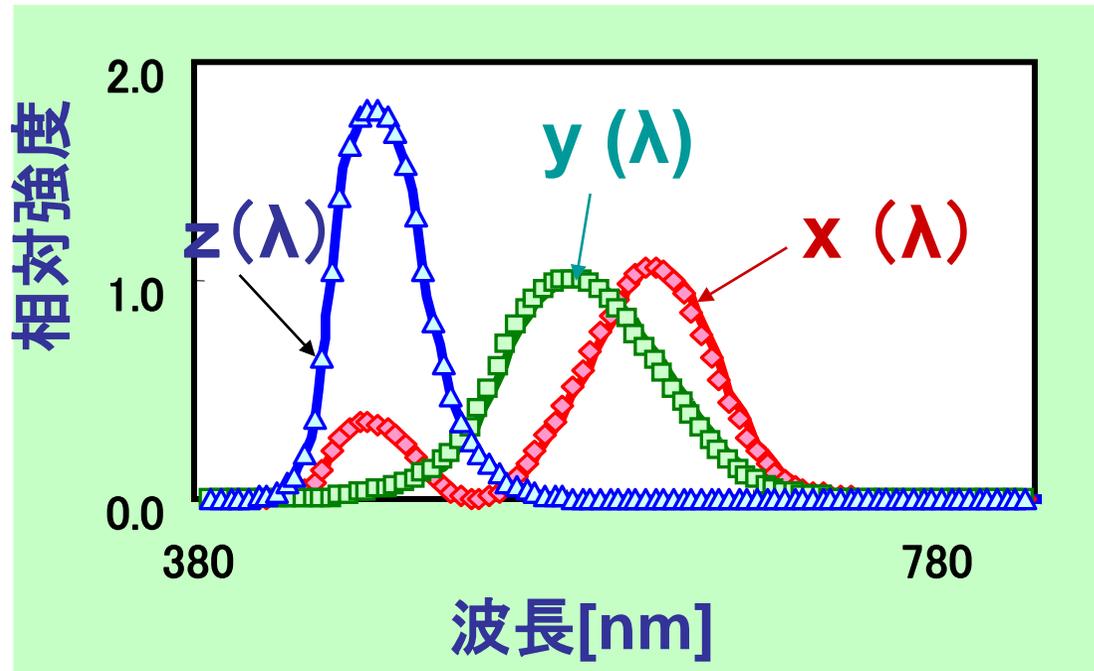
- 網膜で受光
- 視細胞
  - 桿体 – 光の明暗
  - 錐体 – 色の識別
- 錐体は3種類
  - 波長により感度が異なる
  - 刺激量の相対関係で色の見え方が決まる

## 人間の3つの錐体の分光特性



# 目の感度

## 色に対する目(錐体)の感度



## 色の計算

$$X = \int L(\lambda) p(\lambda) x(\lambda) d\lambda$$

$$Y = \int L(\lambda) p(\lambda) y(\lambda) d\lambda$$

$$Z = \int L(\lambda) p(\lambda) z(\lambda) d\lambda$$

色

光源

目の感度

物体の特性

# 色度座標と色度図

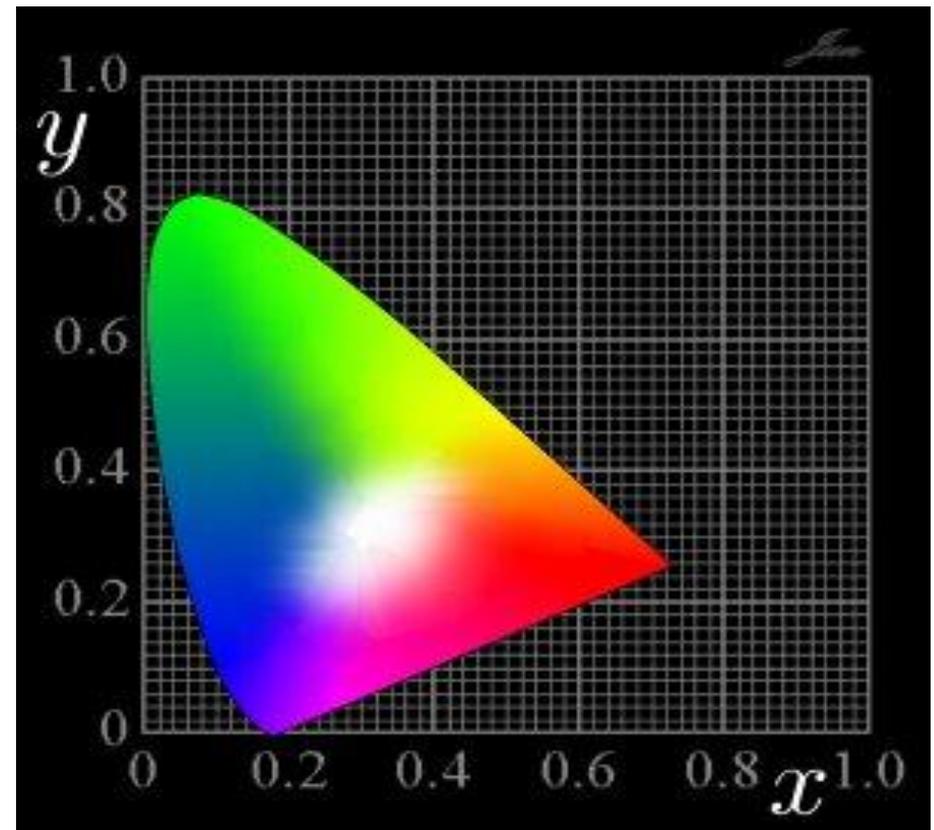
## 色度座標

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

**X・Y・Z: 三刺激値**

## 色度図



# 情報通信の過去 ～昔々～

11世紀半ば 中国 元時代のろしが考えられる。

16世紀 日本では武田信玄の「のろし」による情報通信網  
山梨を中心とした、のろしによる情報伝達経路をつかった。

現代の新幹線とあまり変わらない伝達速度

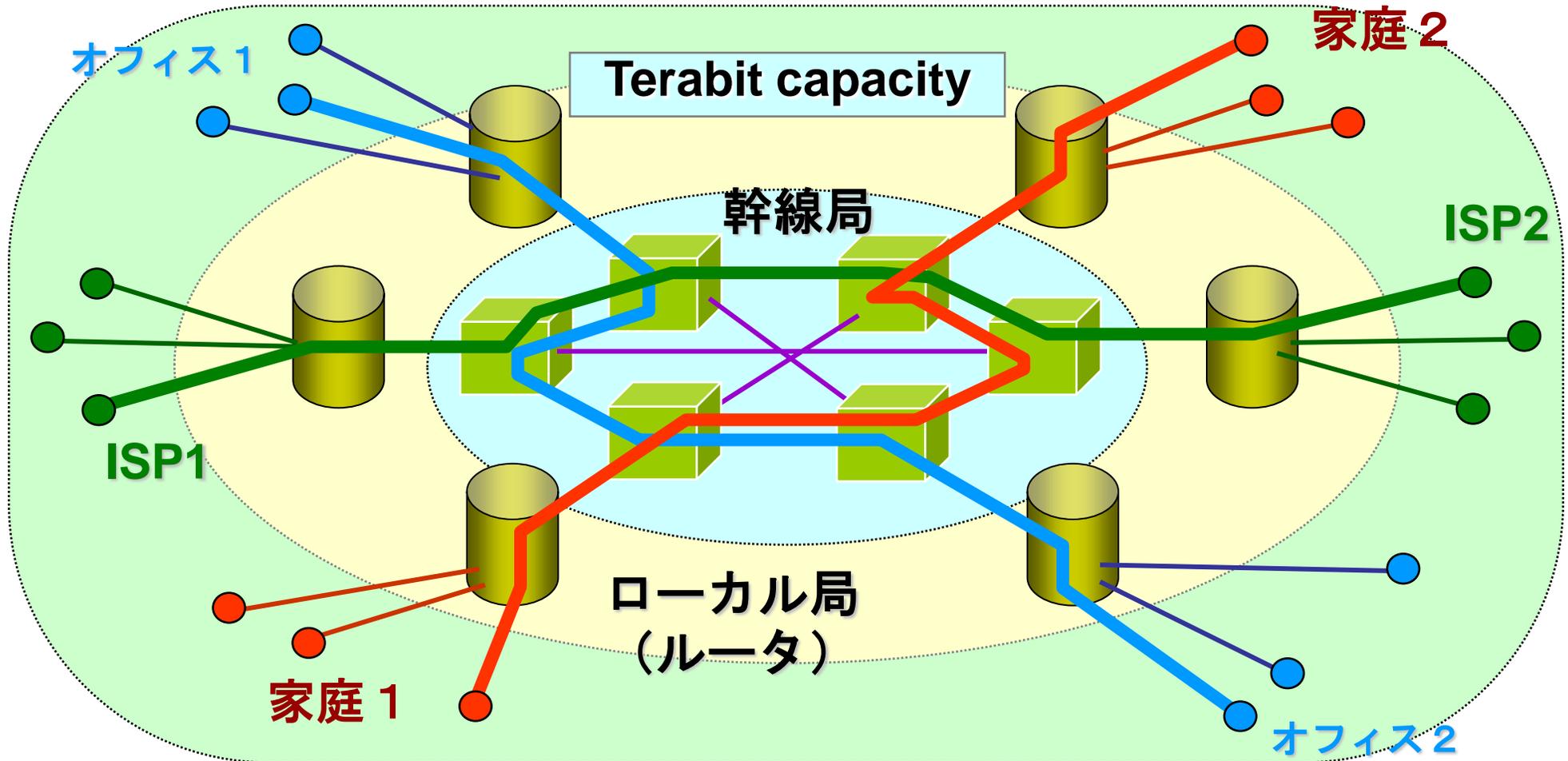


須玉町歴史資料館より



北杜市観光協会より

# 通信ネットワーク



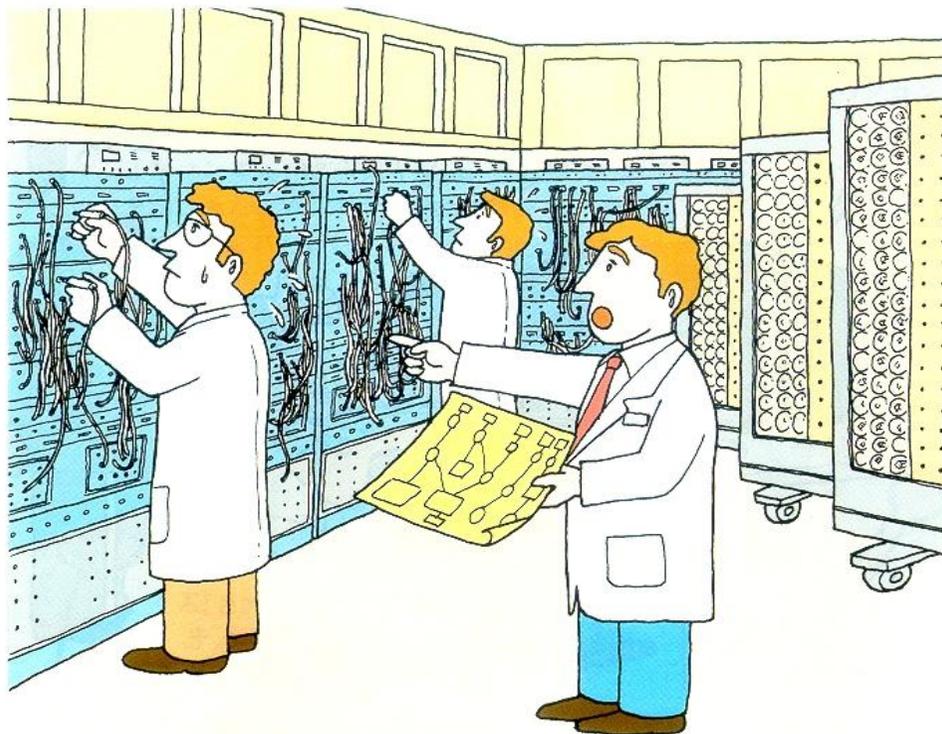
# コンピュータの歴史1

1820年 イギリスのバベッジ 階差機関

1834年 同 バベッジ 解析機関

(現在のコンピュータの原形)

時代は流れて、1940年代 真空管を使った  
最初のコンピュータが作られる。



# コンピュータの歴史2

左の図に示すしくみが新しい部品(デバイス)で進化していきました。

真空管

リレー

トランジスタ

IC (集積回路)

LSI (大規模集積回路)

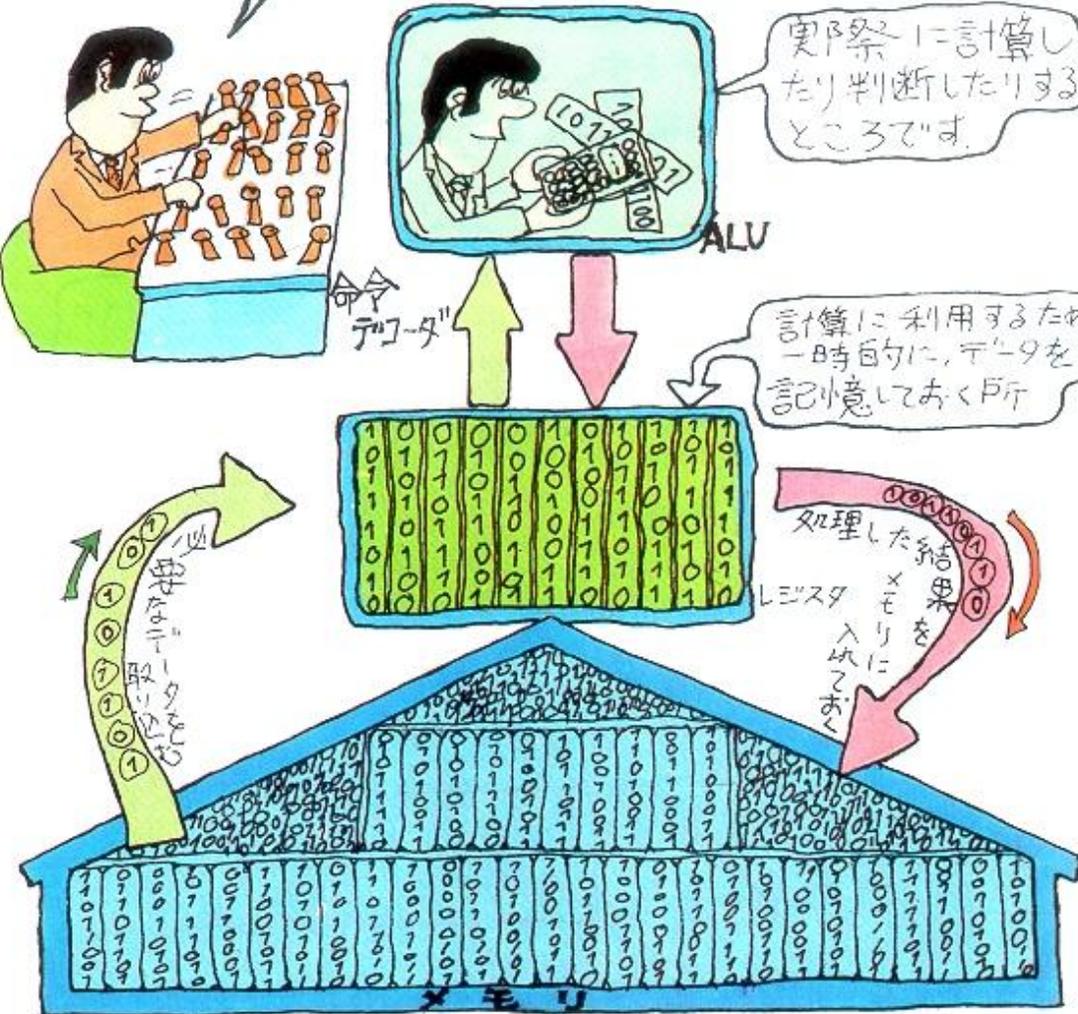
さらに進化しています

プログラムにしたがって、各部分のゲート(戸)をあけたり、しめたりする戸扉です。

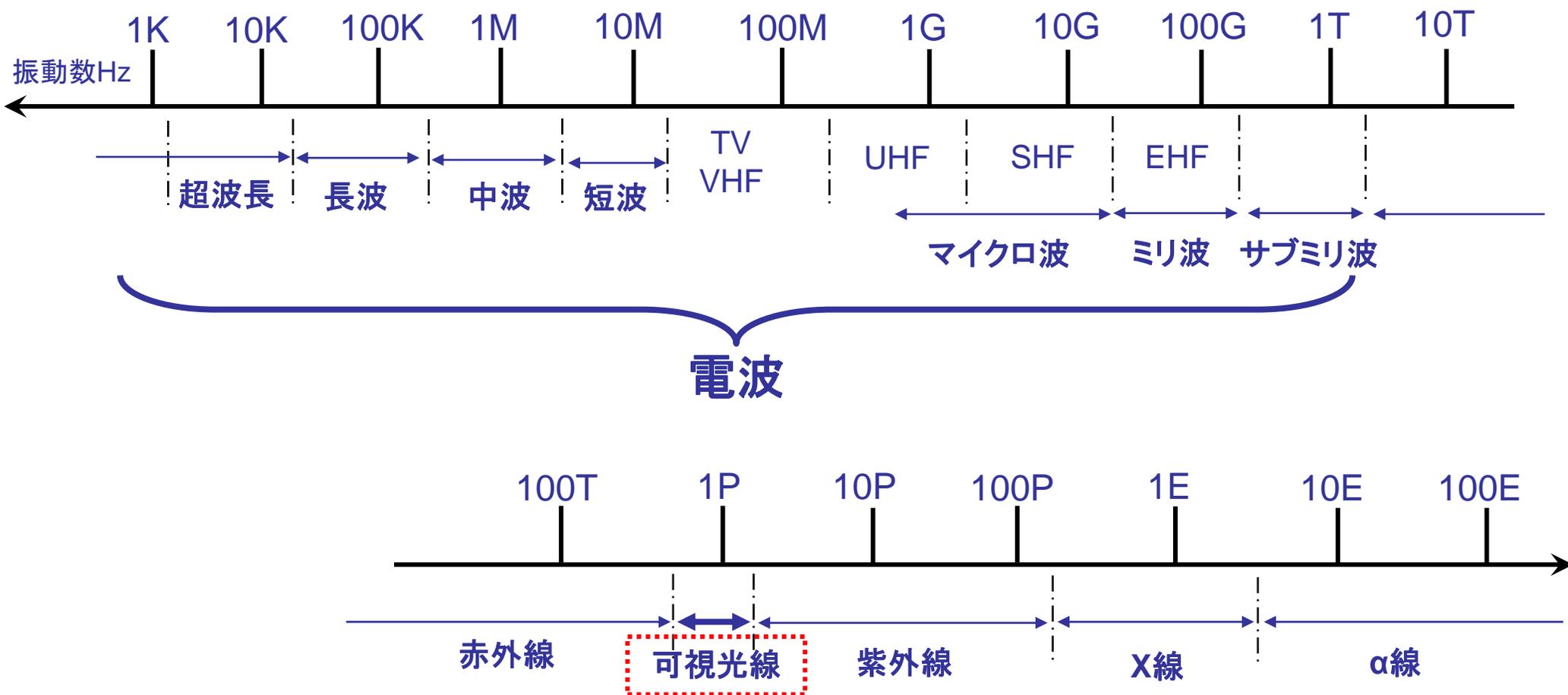
実際には計算したり判断したりするところです。

計算に利用するため一時的に、データを記憶しておく所

処理した結果をレジスタメモリに入れておく



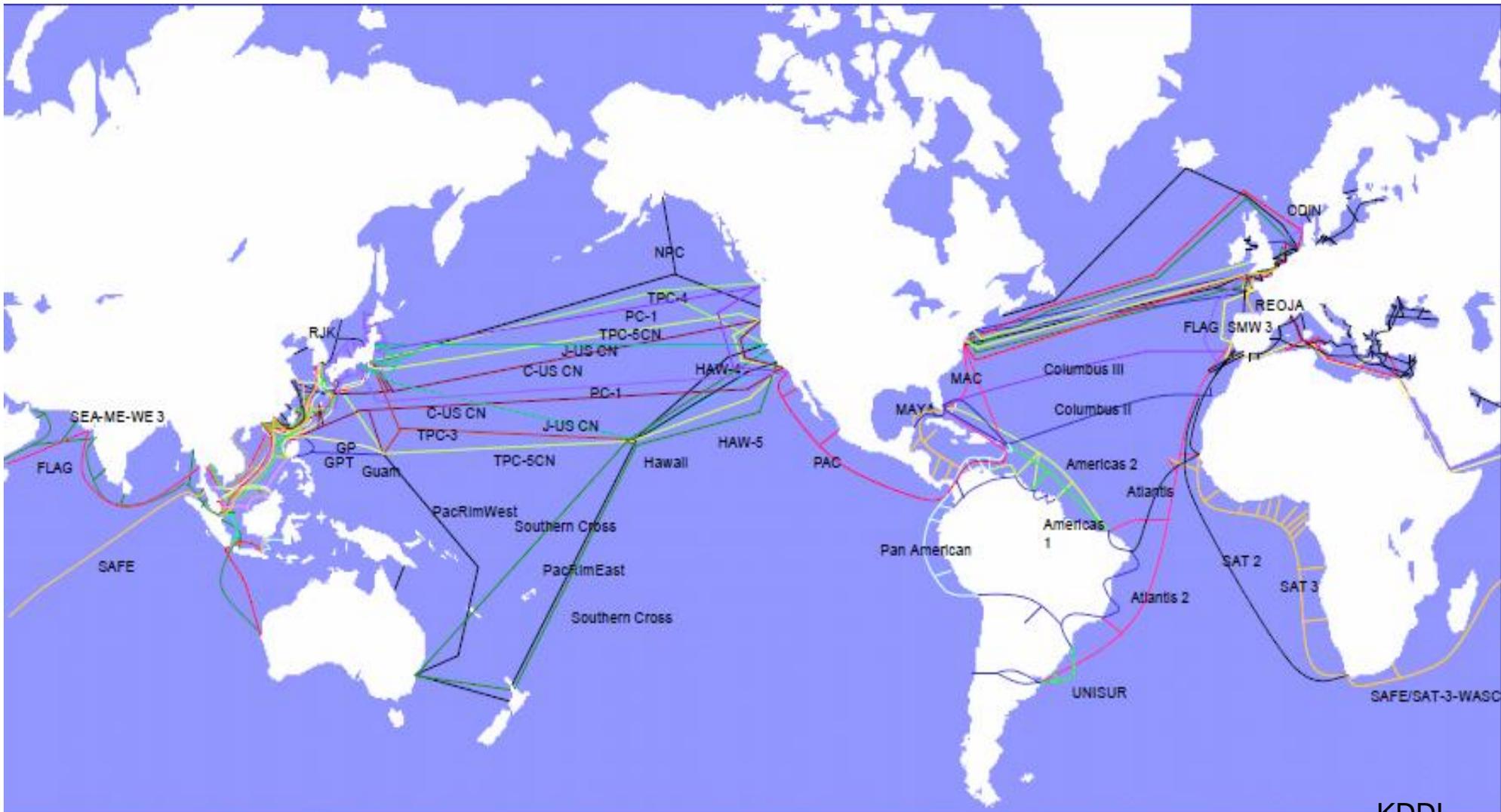
# 電磁波について



# メディアの違いに対する 伝送周波数の依存性

	使用周波数幅	伝送周波数 (デジタル)
音声	~20kHz	6.4kbps(圧縮) 80Kbps必要
画像	4MHz	32Mbps
ハイビジョン	32MHz	256Mbps

# 海底ケーブルシステム





2000/ 2/12 12:57pm

# 光ファイバ通信システムの特徴(1)



## 光ファイバ

- 石英材料
- 軽量、細い
- 低損失
- 広帯域

## 特徴

- 豊富な資源
- 電磁誘導に強い
- ケーブル化、敷設が容易
- 長距離、大容量

## 適用分野

- 光アクセス
- LAN
- 幹線系
- 海底ケーブル

# 光通信の特徴

雑音、電磁誘導に強い  
中継距離が長い  
軽い(光ファイバ)  
小さい

電氣的に絶縁できる

(参考)  
衛星通信



# 【光の導波 (ガイド)】

☆ 光の導波路



☆ 光ファイバ



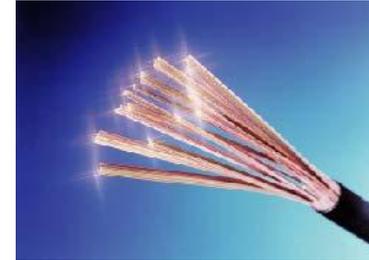
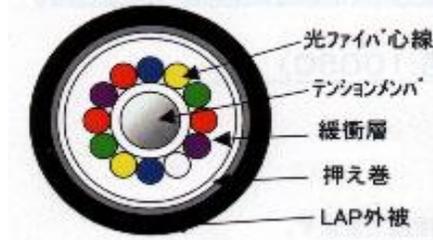
☆ 金属管 (内部鏡面)

☆ 石英ロッド

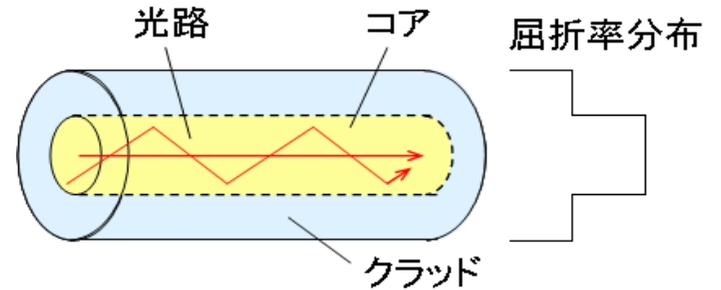


# 光ファイバ

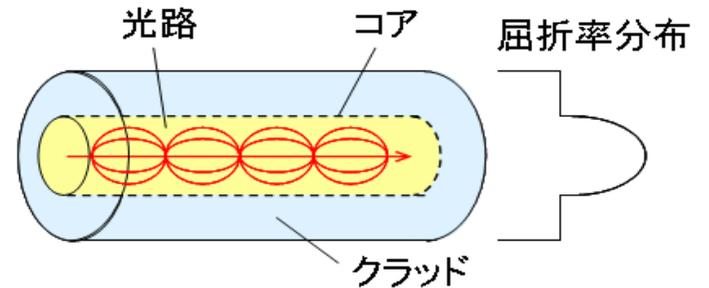
## 層型光ファイバケーブル



マルチモード・・・① ステップインデックス (SI)

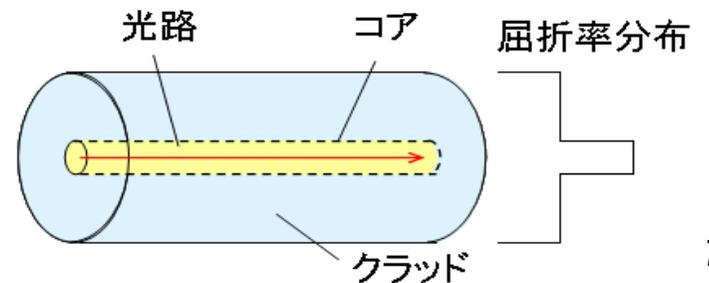


② グレデッドインデックス (GI)



シングルモード・・・

③ ステップインデックス (SI)



# 量子力学から誕生したもの(2)

**レーザー** (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

☆ **固体レーザー**

活性媒体が固体

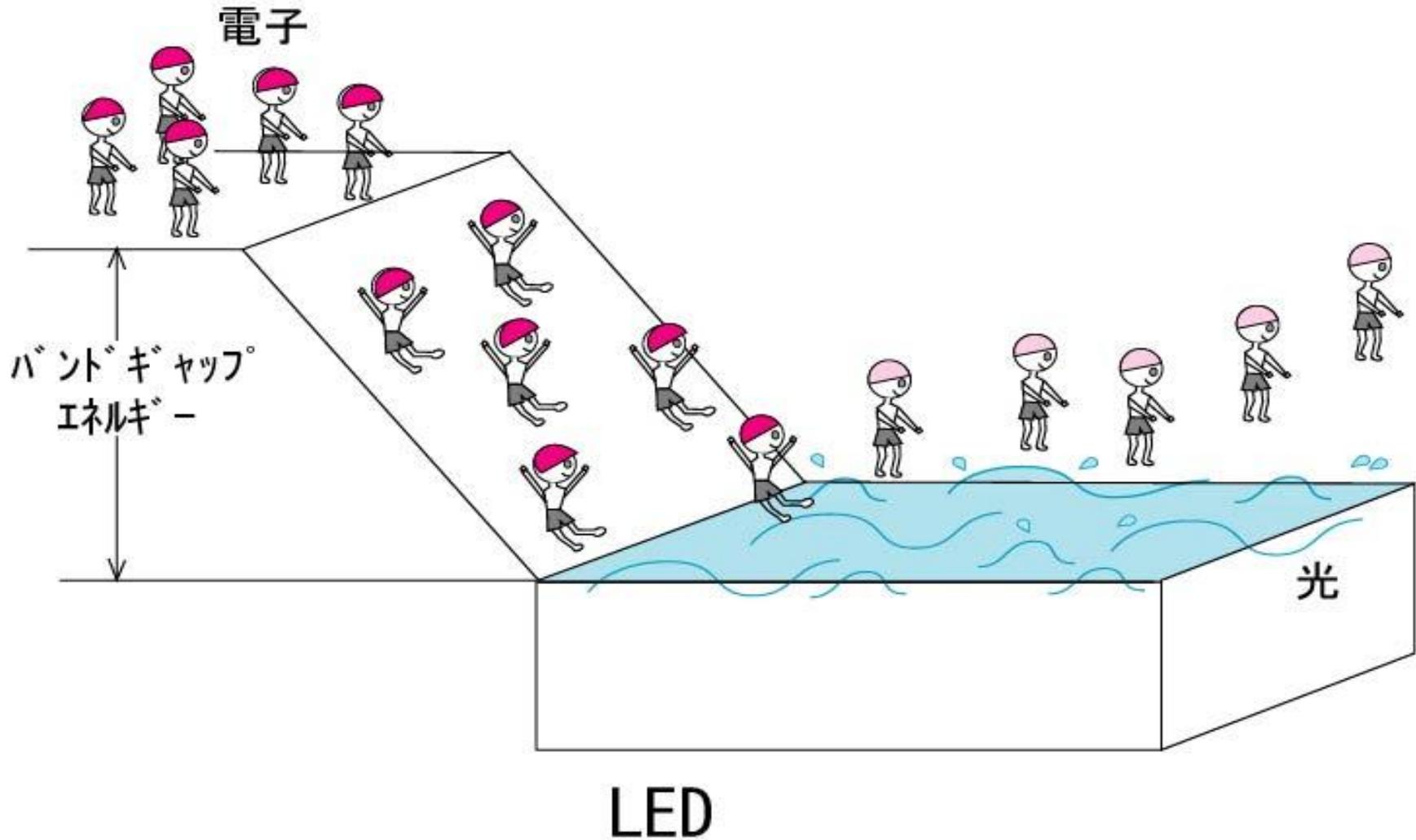
☆ **ガスレーザー**

☆ **半導体レーザー**

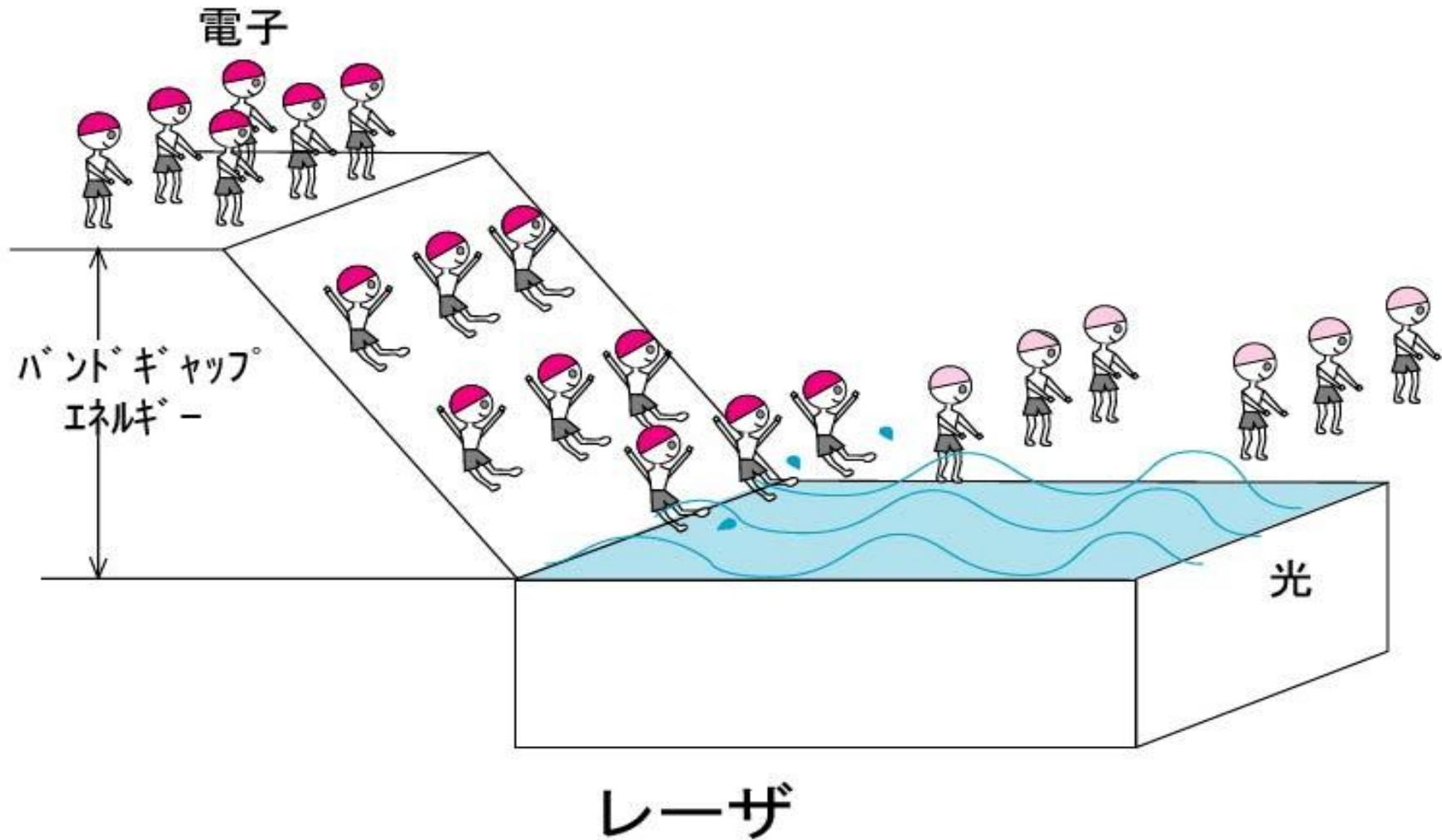
量子井戸・量子ドット



# LEDの概念図

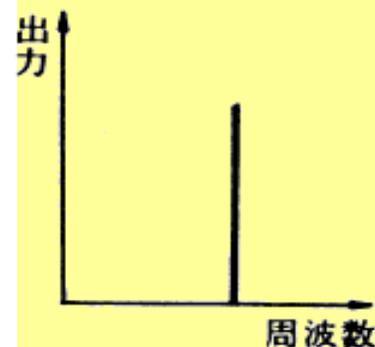
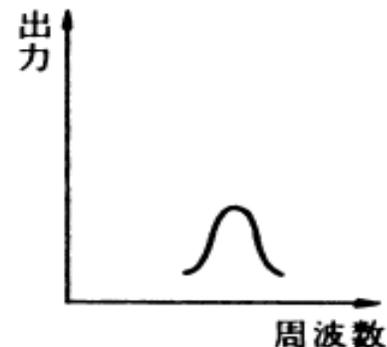
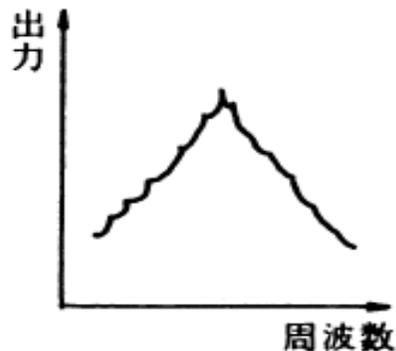


# レーザーの概念図

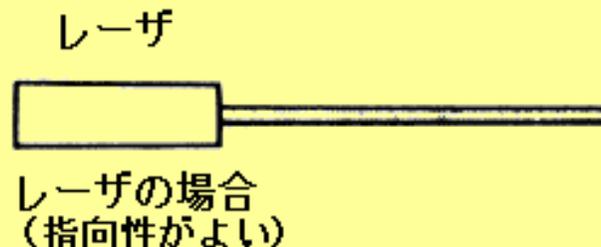
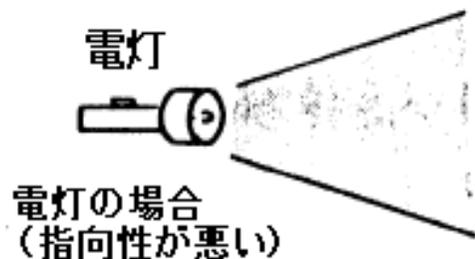


# レーザー光の特徴

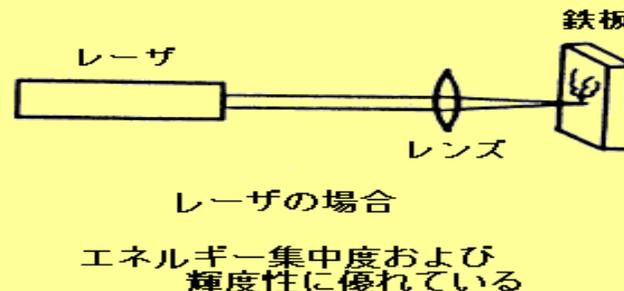
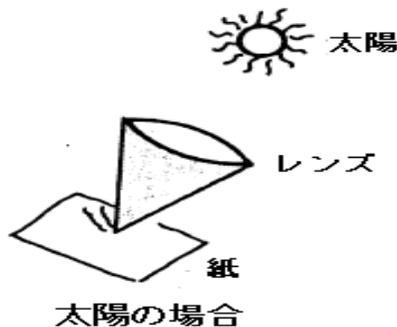
## ★ 単一波長



## ★ 直進性



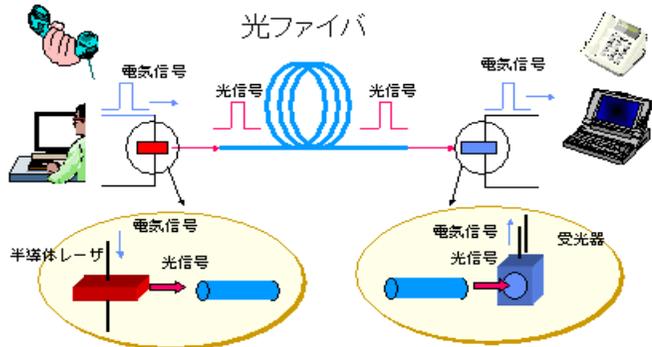
## ★ 高輝度



**学習内容を読み込み中です**  
しばらくお待ちください

**学習内容を読み込み中です**  
しばらくお待ちください

# 光通信



# レーザーメスと内視鏡の併用



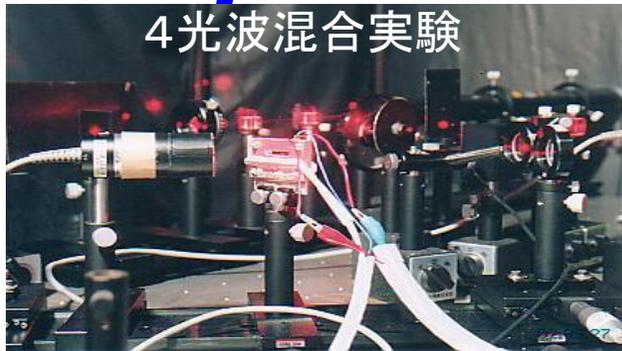
レーザーメスによる手術（内視鏡併用）

# 緑内障のレーザー治療

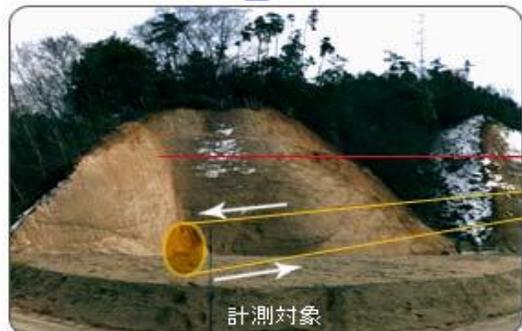


**レーザーの応用**

# 4光波混合実験



# 加工



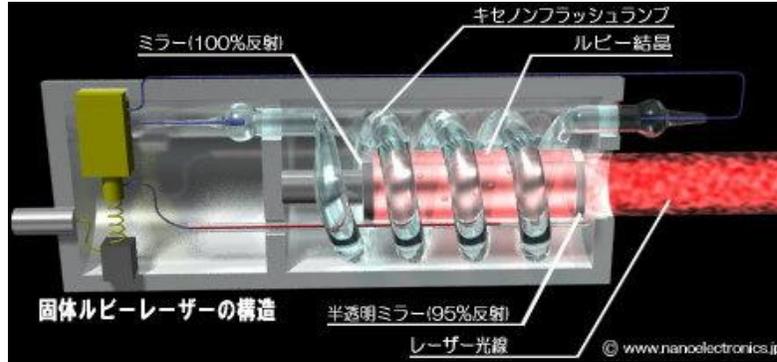
# レーザーの種類(1)

(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

種類	例	波長(μm)	発振形式	出力(W/J)	効率(%)	用途例
固体レーザー	ルビー	0.69	P	~20J	~1	穴あけ
	ガラス	1.06	P	~90J	~4	穴あけ, 核融合
	YAG	1.06	P/CW	CW ~ 1kW, P ~ 150J	~3	穴あけ, 切断, 溶接
半導体レーザー	GaAs, InGaAsPなど	0.6~1.6	P/CW	CW ~ 50mW	~100	通信, 計測, 情報処理
液体レーザー	色素レーザーなど	0.4~0.7	P	~100J	~0.3	分光, 研究
気体レーザー	He-Ne	0.63	CW	~1mW	~1	計測, ディスプレイなど
	Ar	0.51	CW	~25W	~0.1	穴あけ, 計測
	エキシマ	0.15~0.35	P	~900mJ	~15	化学, 医学, 加工, その他多数
	CO <sub>2</sub>	10.6	P/CW	CW ~ 40kW	~20	穴あけ, 切断, 溶接, 熱処理

# レーザーの種類(2)

## YAGレーザー



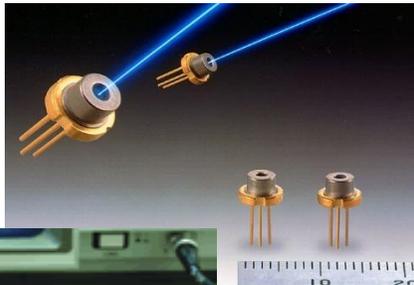
## N<sub>2</sub>レーザー



## He-Neレーザー



## 半導体レーザー



## 色素レーザー



## エキシマレーザー

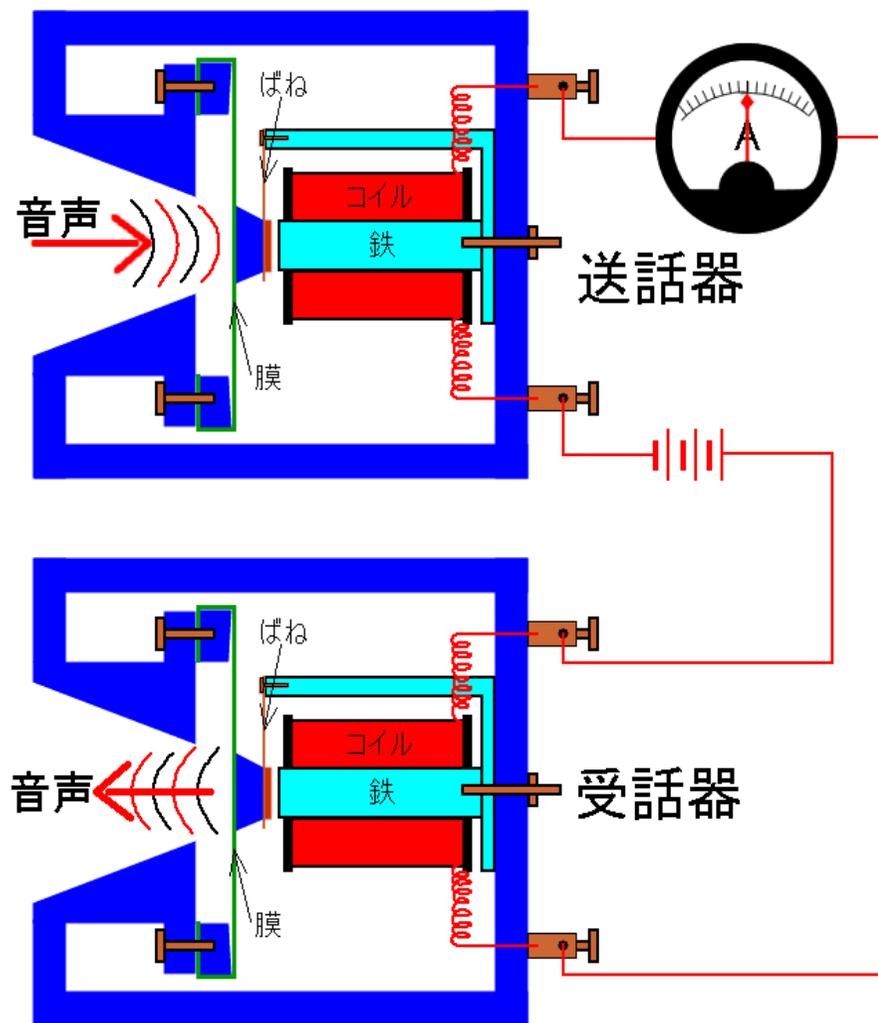


# 現在使われている技術を見てみよう

## 電話のしくみ(原理は100年前から同じ)

音声⇒電気信号⇒電話線⇒電気信号⇒音声

- ①送話器の前でしゃべると、空気が振動してその振動が振動板に伝わります。
- ②振動板の裏には炭素が詰まっていて振動と一緒に振動します。
- ③振動に応じて炭素の粉と粉の間の圧力が変わります。圧力が変わると、この部分の抵抗値が変わります。
- ④抵抗値の変化に従って、電気の流れ方が変わります。つまり人の声に従って振動する電流信号が伝わっていきます。
- ⑤送話器からの電流が受話器に入ると、受話器についている磁石が電流の強弱によって振動板を振動させ、元の音声を作り出します。



# 電話の登場 ～110年ほど昔から～

1876年(明治9年)

アメリカのグラハム・ベルによって電話が発明される

1890年(明治23年)

東京115加入、横浜42加入で電話サービスがスタート



明治11年に作られた  
国産第一号電話機



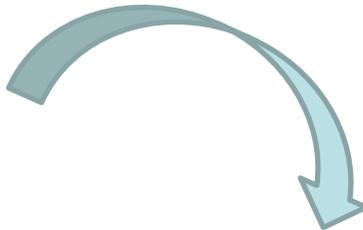
電話交換嬢が話したい相手の番号を聞き、  
つなぎかえる(当時の花形職業!)



現在のプッシュ式電話機

# 携帯電話登場 ~つい最近?~

1979年~自動車電話



1985年ショルダーホン

重さ3Kg!!

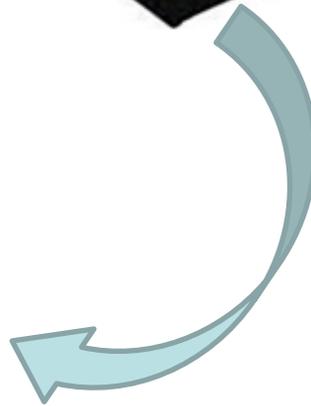


無線の歴史をチョット:

1895年 イタリアのマルコーニが、  
電波を使った無線通信を発明

1912年、タイタニック号からの  
無線電信による救助信号

現在の携帯は  
小型、軽量、多機能(情報端末、カメ  
ラ、ワンセク)



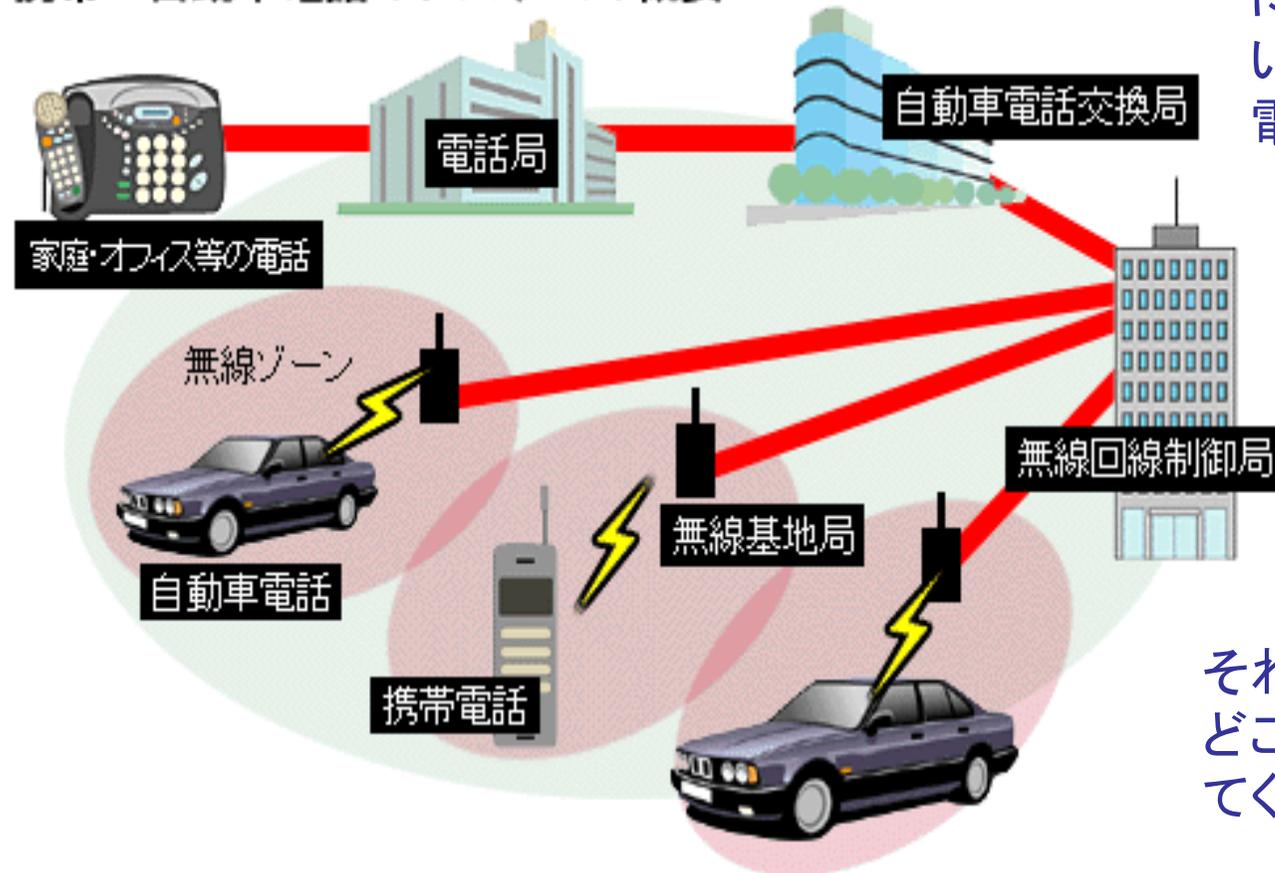
どこでも使える携帯電話は、  
1979年 自動車電話から

2011年6月 :121,246,700件  
(電気通信事業者協会調べ)。

# 携帯電話のしくみ (位置登録)

## 携帯・自動車電話のシステムの概要

### 携帯・自動車電話のシステムの概要



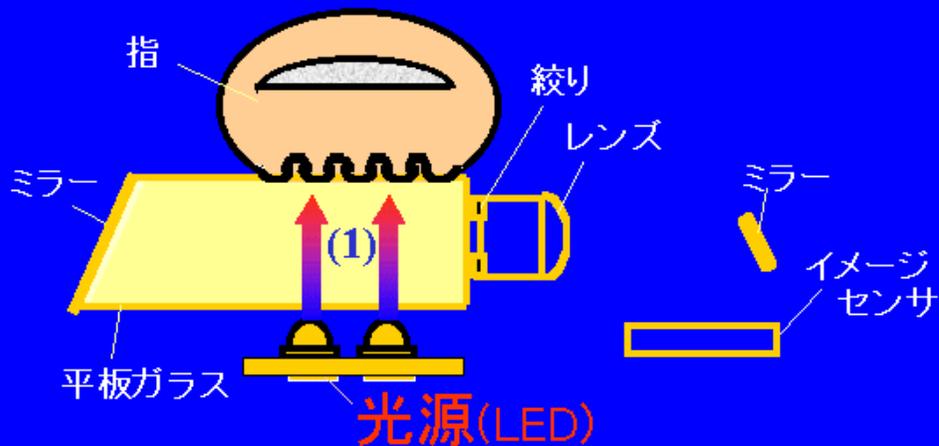
携帯電話に電源が入っている時には、自分が今どの位置にいるのかわかるようにいつも電波を出しています。

電話をもって移動するたび、携帯電話と基地局で連絡を取り合いながら一番近い基地局はどこなのか調べ、「位置登録」されます。

それで、移動しても途切れないし、どこにいても携帯電話が掛かってくるのでした。

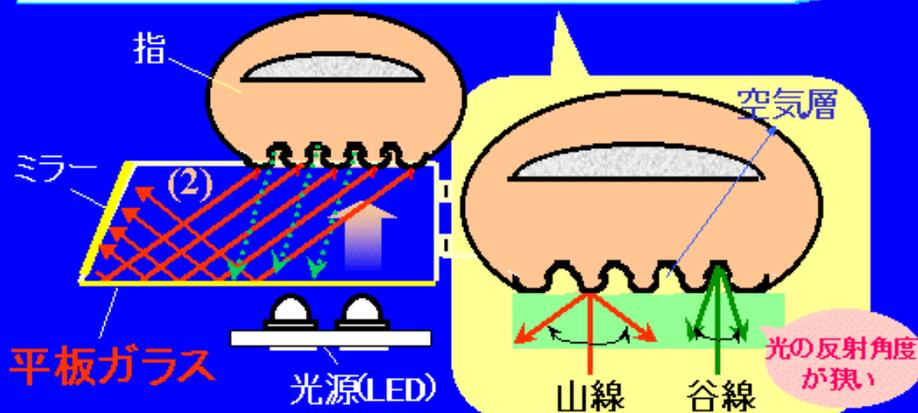
# 指紋認証

## (1) 指紋に光をあてます

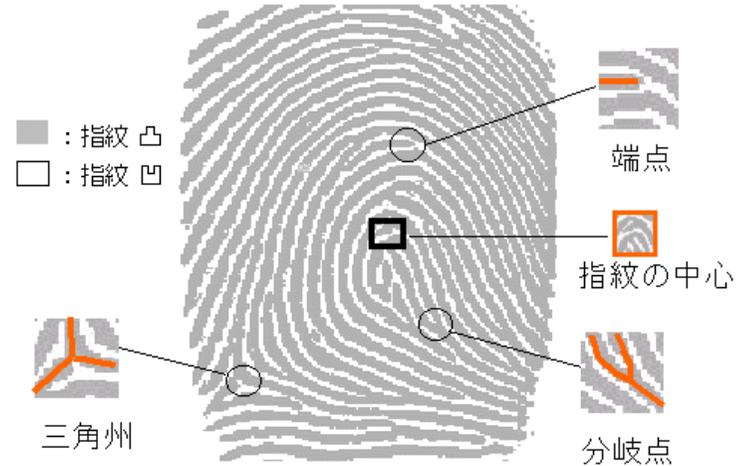


(2) 山線からの反射光だけが平板ガラスの底で、全反射してミラーに届きます。

(谷線からの光は、空気層を通るためミラーへ全反射しません)



次のページでもう少し詳しく説明します



特徴点の位置はそれぞれの指で異なります

## 指紋認証の方法

(指紋の登録 → 照合 → 本人かどうか判定)

### ① 登録時

