

**電気電子基礎学**  
**光エレクトロニクスの基礎**  
**その1・光記録**

---

**水本哲弥**

**電気電子工学専攻**

# 光エレクトロニクスとは？

- Optoelectronics（光エレクトロニクス）
  - Optics（光学）
  - Electronics（電子工学）

が融合した分野＝光電子工学

  - システム：光通信，光記録，情報表示
  - 光デバイス：レーザ，LED，光ファイバ，光センサ
  - 材料：半導体(GaInAsP, Si)，誘電体，磁性体，  
有機材料

## ■ 応用分野

- 情報通信の大容量化・高速化
- 情報通信機器の高性能化・高機能化

## ■ 関連する授業科目

とてもたくさんある

- 電磁気学, 線形回路, アナログ電子回路, デジタル電子回路, 回路理論, フーリエ変換 ...
- 半導体物性, 電子デバイス, 電気電子材料, 量子力学, 波動工学, 通信伝送工学, **光エレクトロニクス** ...

# 身近な光エレクトロニクス (1)



Source: SONY



Source: NEC



Source: Panasonic



Source: SONY

# 身近な光エレクトロニクス (3)



Source: Apple



Source: Caono



Source: Canon

- 電気-光 変換器 (光源, 表示器)
- 光-電気 変換器 (光検出器)
- 光を伝える媒体
- 光で記録する媒体

- 光源とは...
  - 光を放つもの
  - 電気を光に変換する
    - 単純に光エネルギーを提供する
    - 電気信号を光の信号に変換する

- 光エネルギーを提供する(だけ...)  
“あかり”, “発光”



Source: アクティブスター



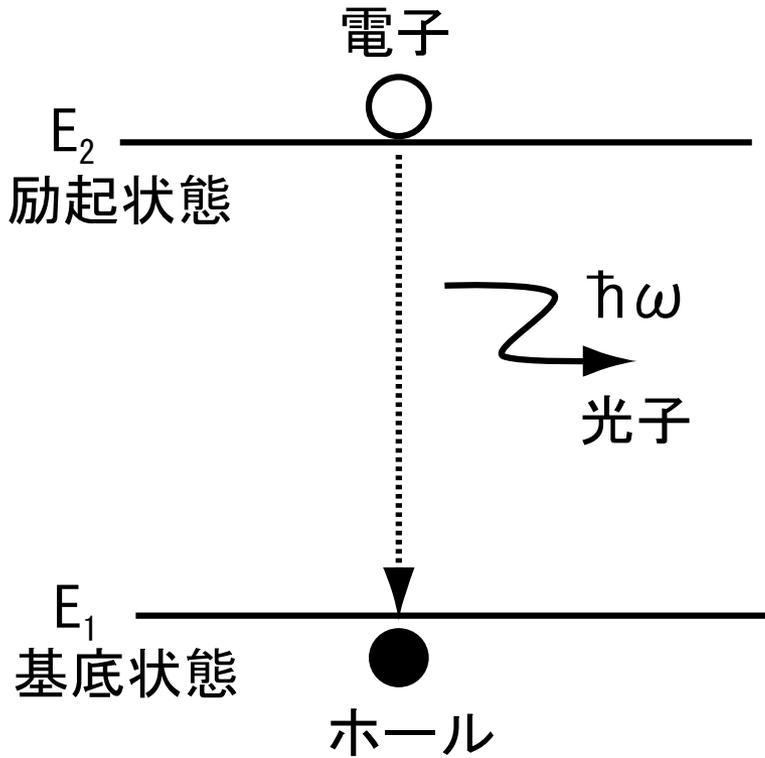
Source: Apple

- 電気信号を光の信号に変換する  
“信号源”

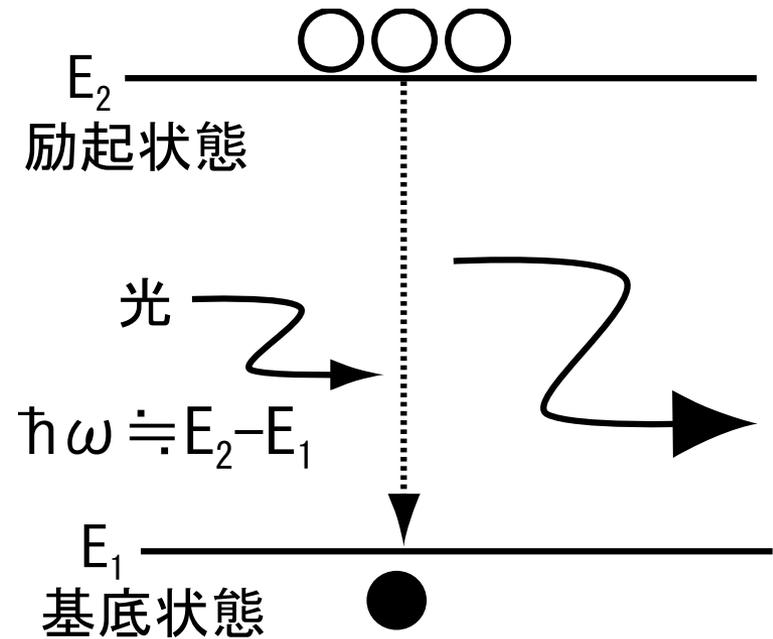
この基礎となる物理現象は...

# 半導体における発光

～自然放出と誘導放出～



自然放出  
⇒発光

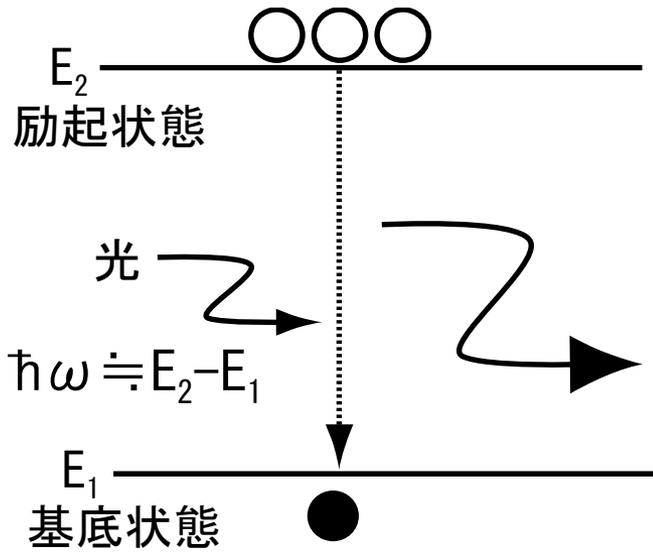


誘導放出  
⇒レーザー

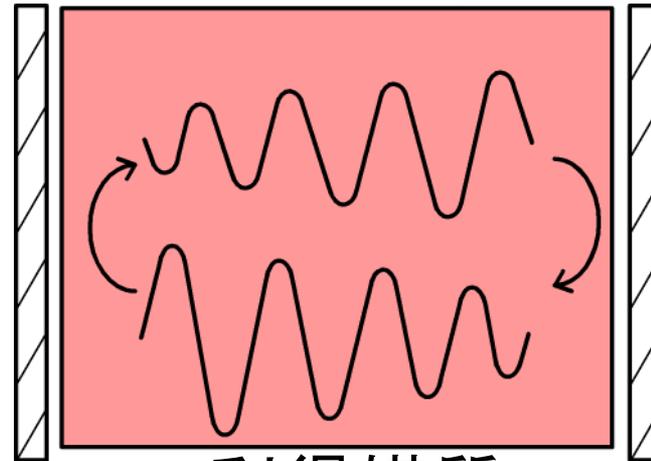
# 半導体レーザー



～誘導放出と共振器～



**誘導放出**



反射鏡

利得媒質

反射鏡

**共振器**

利得媒質を共振器の中に入れる

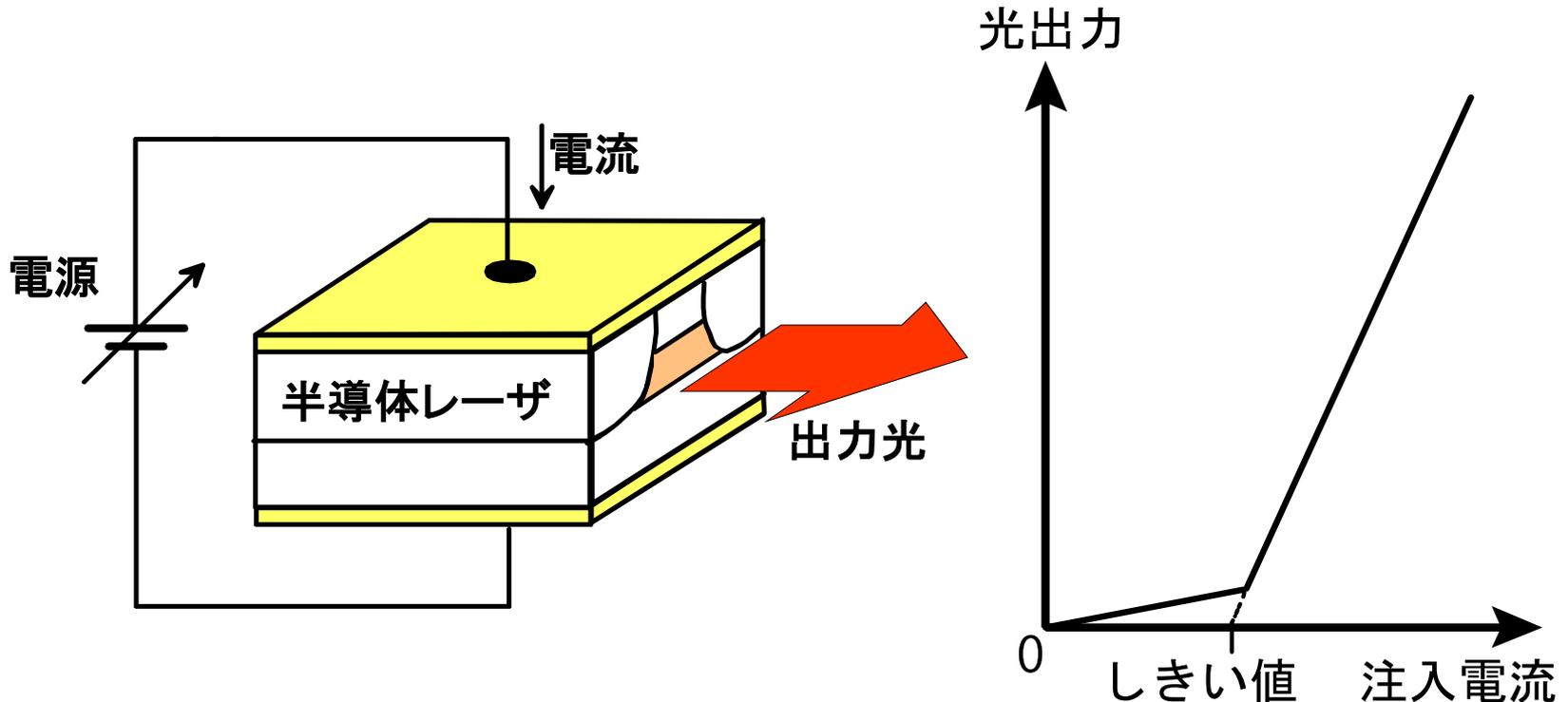


誘導放出が次々に  
起こる(レーザー発振)

## ■ 半導体レーザー

(Laser: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

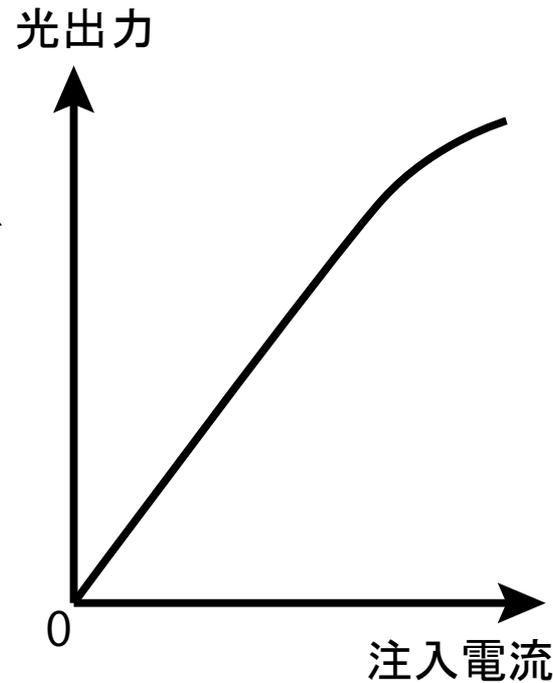
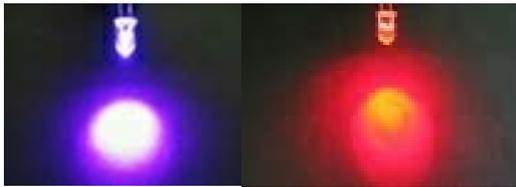
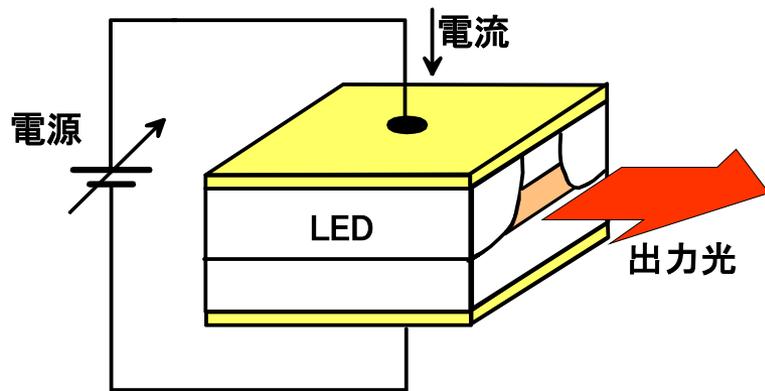
しきい値以上で光出力が注入電流に比例



## ■ 発光ダイオード

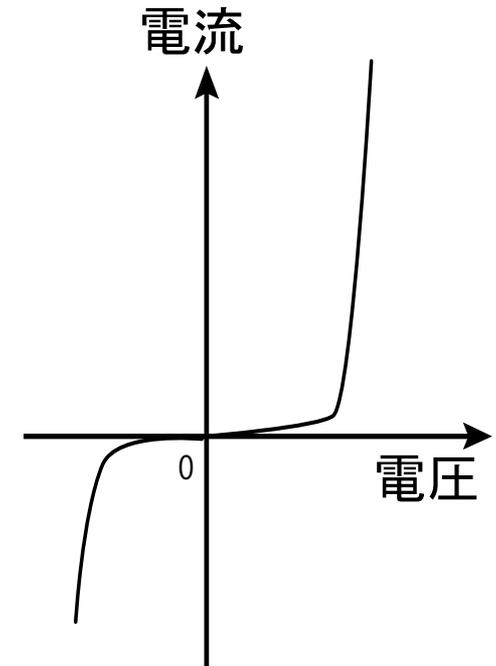
(LED: Light Emitting Diode)

電流-光出力特性にしきい値がない

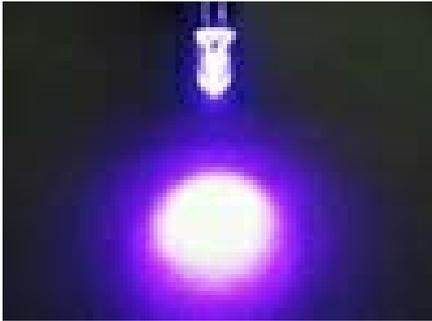


ちょっと注意

半導体レーザ

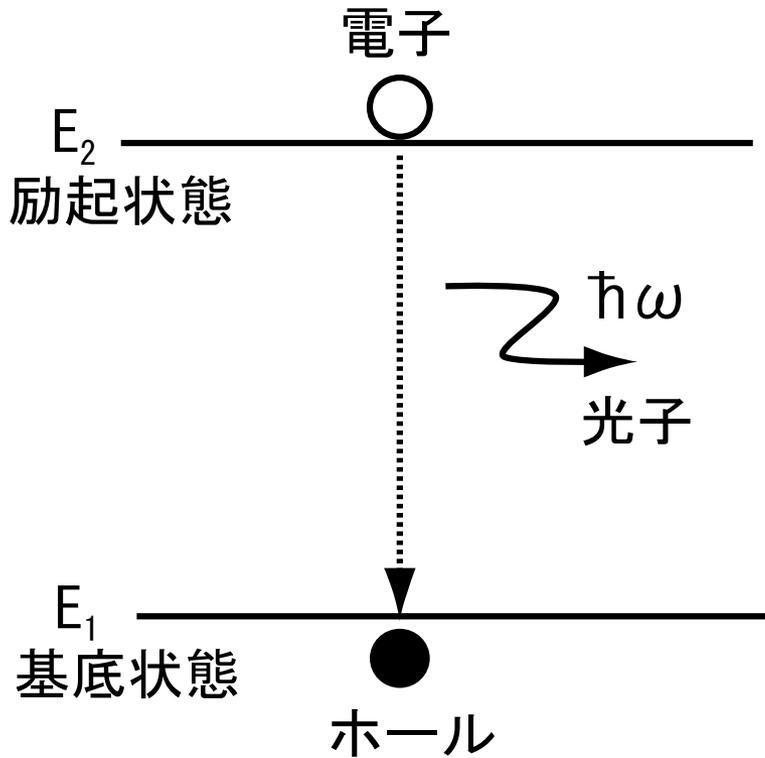


2014年度ノーベル物理学賞  
赤崎勇先生, 天野浩先生, 中村修二先生  
「高輝度・低消費電力白色光源を可能とした  
高効率青色LEDの発明」

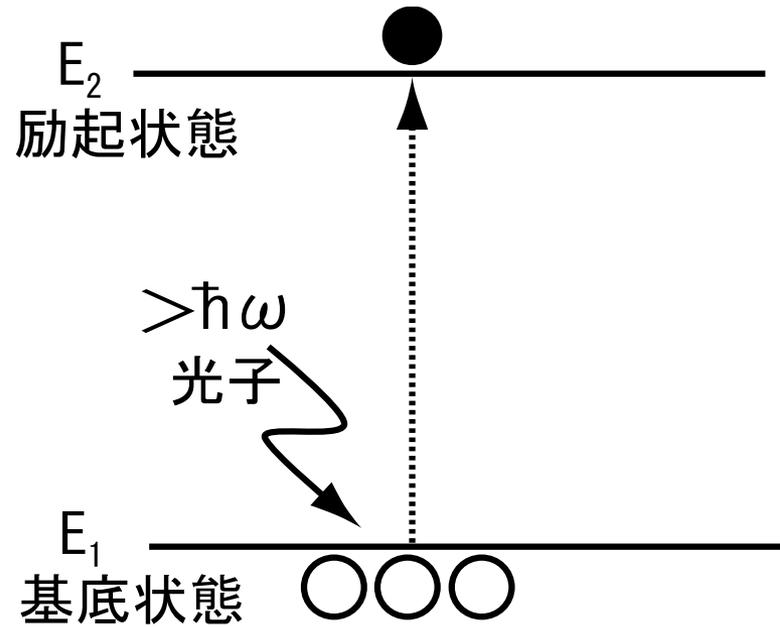


- ✓ 窒化物半導体
- ✓ 青色LED
  - 高輝度
  - 低消費電力
  - 小型, 軽量, 長寿命
- ✓ 応用
  - 大容量光記録装置
  - フルカラーディスプレイ
  - 液晶バックライト
  - 照明器具, 等に革命をもたらした

# 半導体における発光と吸収



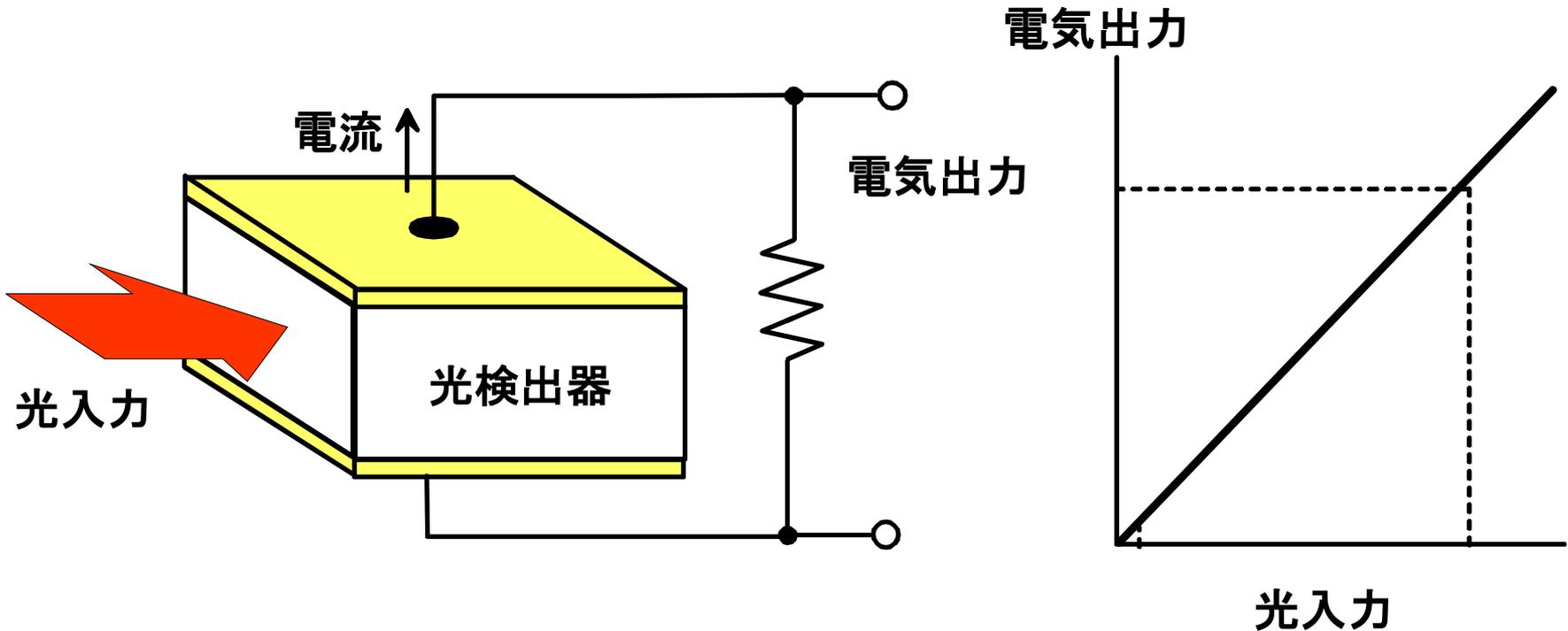
自然放出  
⇒ 発光  
(電気-光変換)



吸収  
⇒ 光検出  
(光-電気変換)

# 光検出器

入力した光パワーに比例した電流が流れる。  
⇒光-電気変換



# 光を伝える媒体

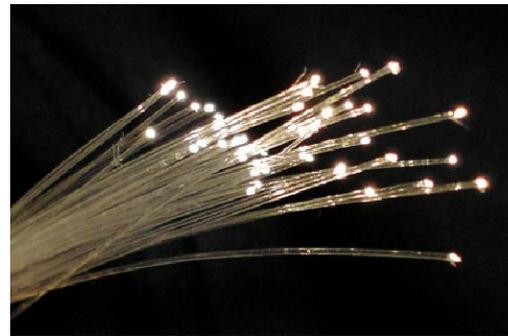
- 空間を伝搬
  - 直進する...しかない
  - 鏡やレンズで伝搬を制御
- 伝送路(光ファイバ)を伝搬
  - 自由自在に曲げることができる

## 光エレクトロニクス応用の具体例

- 光ディスク



- 光ファイバ通信

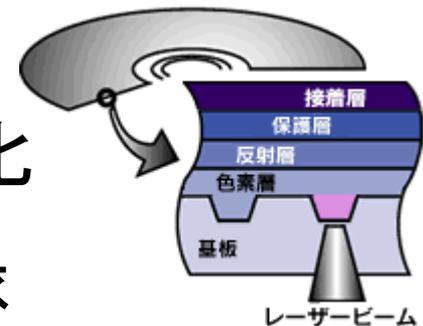


Source: sony web site

## ■ DVD-Rの記録・再生

記録: 有機色素と基板がレーザー光で変化  
ピット(凹凸)の形成で情報を記録

再生: ピットの有無による反射率の差で読取り



# 光エレクトロニクスの応用

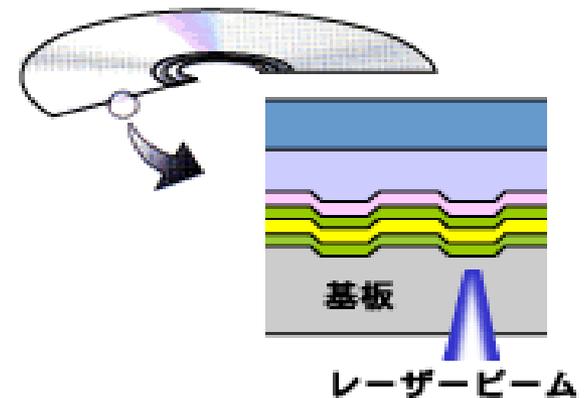
- DVD-RWの記録・再生・消去

記録: 高出力レーザーで記録材料溶融(アモルファス)

再生: アモルファスと結晶の反射率差で読取り

消去: 中出力レーザーで徐熱・徐冷して再結晶化

- ブルーレイディスクも基本的に同様



Source: sony web site

いずれも同じ大きさ(直径12cm)の円盤  
記録密度の違いはどこから生まれる？

- CD : 700 MB
- DVD : 4.7GB
- ブルーレイ : 25 GB



## ～記録・再生光源の波長～

### ■ 光源の波長

– CD : 780nm (近赤外)



– DVD : 650nm (赤色)



– ブルーレイ : 405nm (青紫色)



### ■ 波長が短い

→ 解像度 (空間分解能) が高い

## ～ピックアップ・レンズ～

### ■ レンズの集光性能(開口数NA)

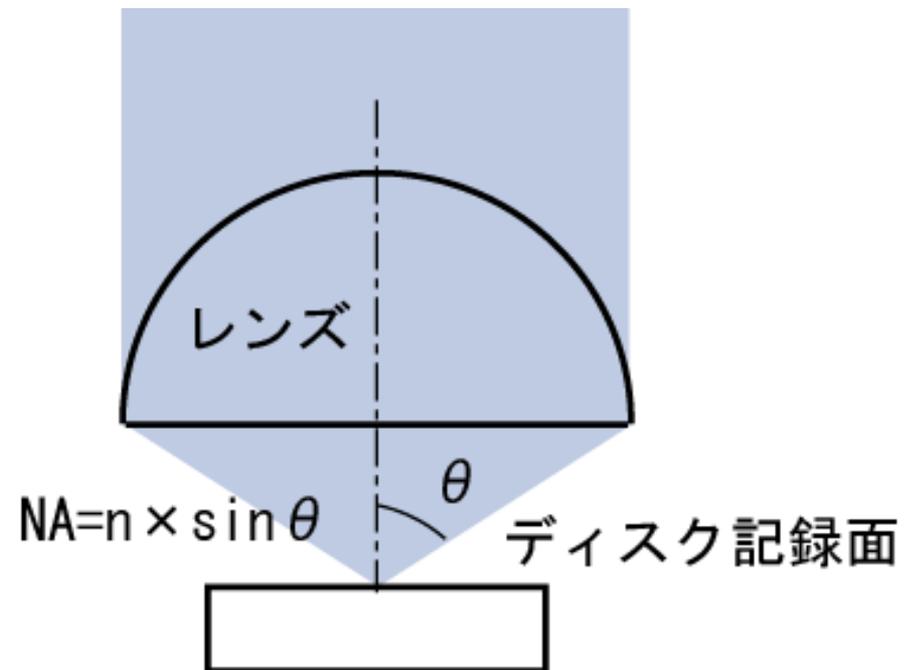
– CD : 0.45

– DVD : 0.6

– ブルーレイ : 0.85

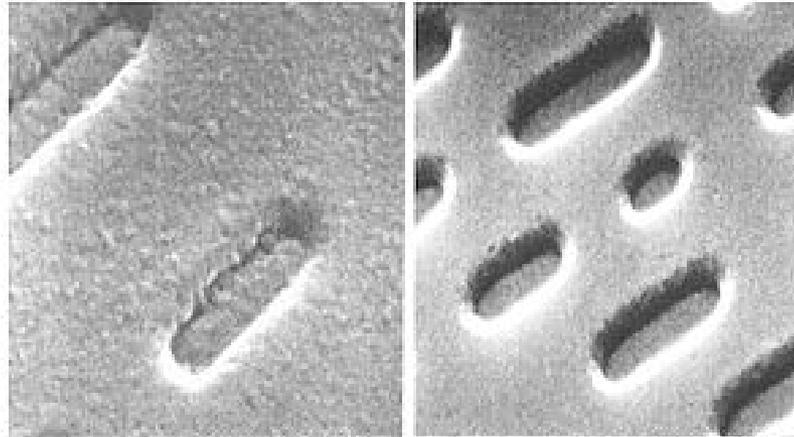
大きなNA

= 広い集光角



- 解像度 = 光源波長 / (2NA)
  - CD :  $780\text{nm} / (2 \times 0.45) = 867\text{nm}$
  - DVD :  $650\text{nm} / (2 \times 0.6) = 541\text{nm}$
  - ブルーレイ :  $405\text{nm} / (2 \times 0.85) = 238\text{nm}$
- スポット面積は
  - CD : DVD : ブルーレイ = 13.3 : 5.2 : 1
- 記録容量
  - CD-ROM : DVD(1層) : ブルーレイ(1層)
  - = 0.7GB : 4.7GB : 25GB

# CD, DVD



CD-ROM

DVD

パイオニア～<http://pioneer.jp/crdl/tech/dvd/2.html>

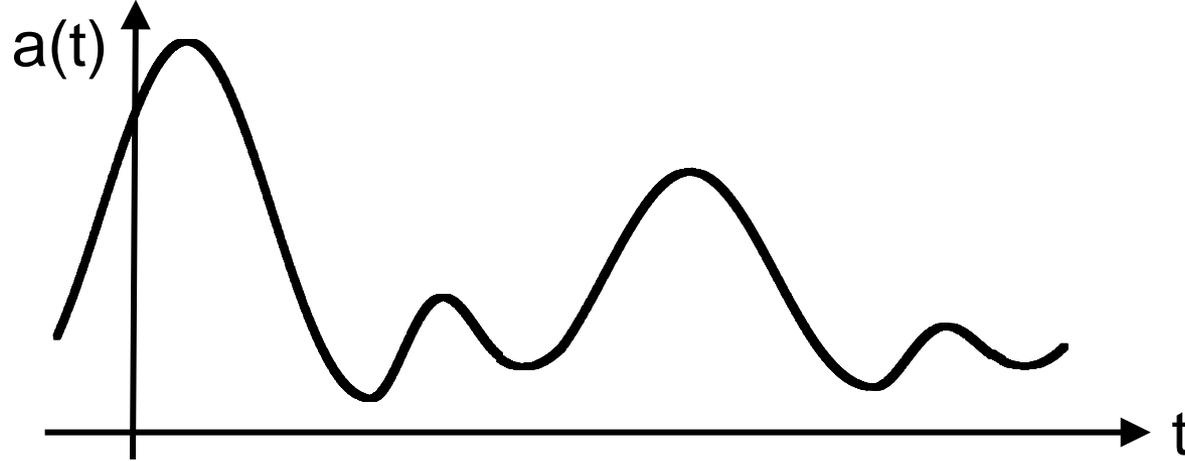
- スポット面積  $13.3 : 5.2 = 2.56 : 1$
- 記録容量  $0.7 : 4.7$  (GB)
- トラックピッチ  $1.6 : 0.74$  ( $\mu\text{m}$ )

狭トラックピッチ

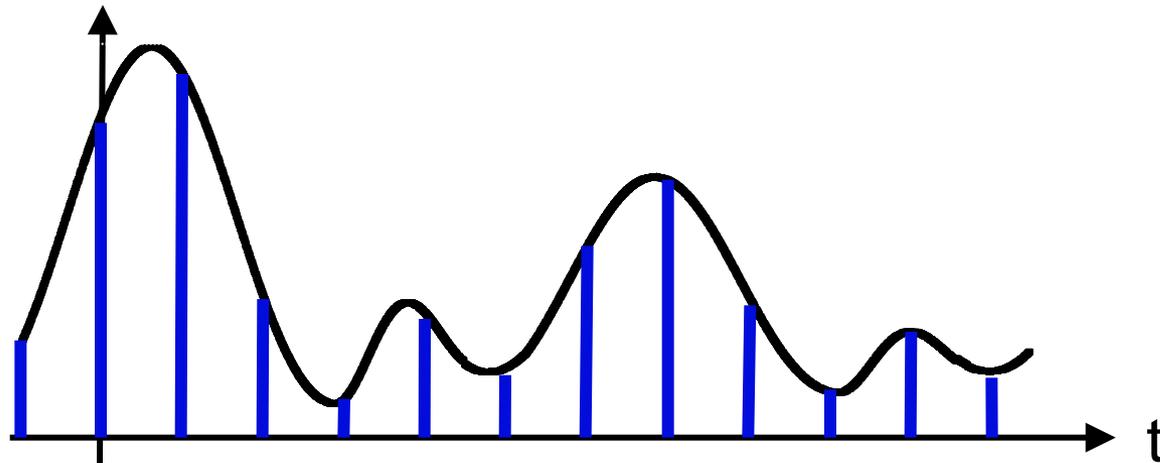
→ ディスク偏心許容度, トラックサーボ精度

# 何を記録する：標本化

信号(アナログ)：時間的に連続



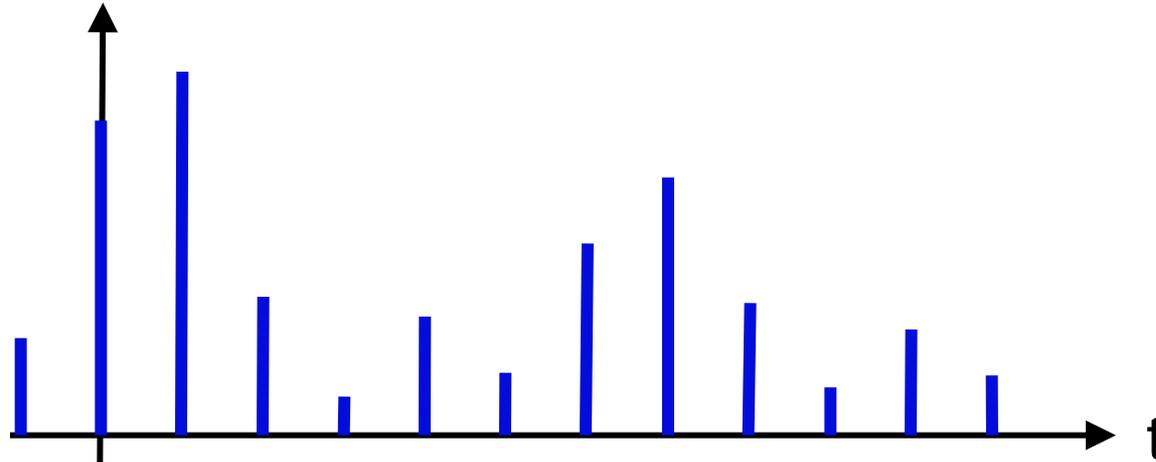
標本化：時間的離散化



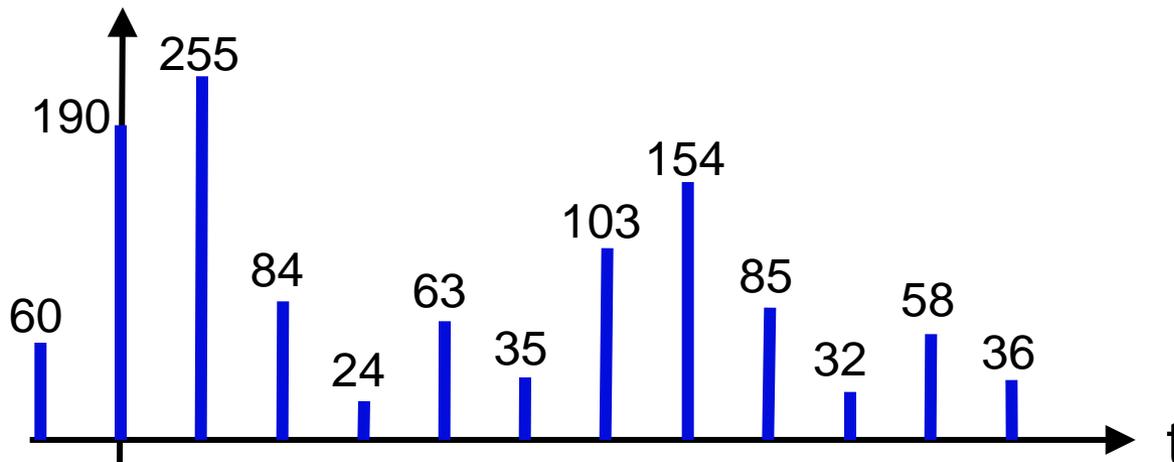
【関連講義】フーリエ変換及びラプラス変換

# 何を記録する:量子化

信号(アナログ): 振幅は連続量

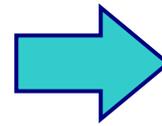


量子化: 振幅をデジタル値で表現

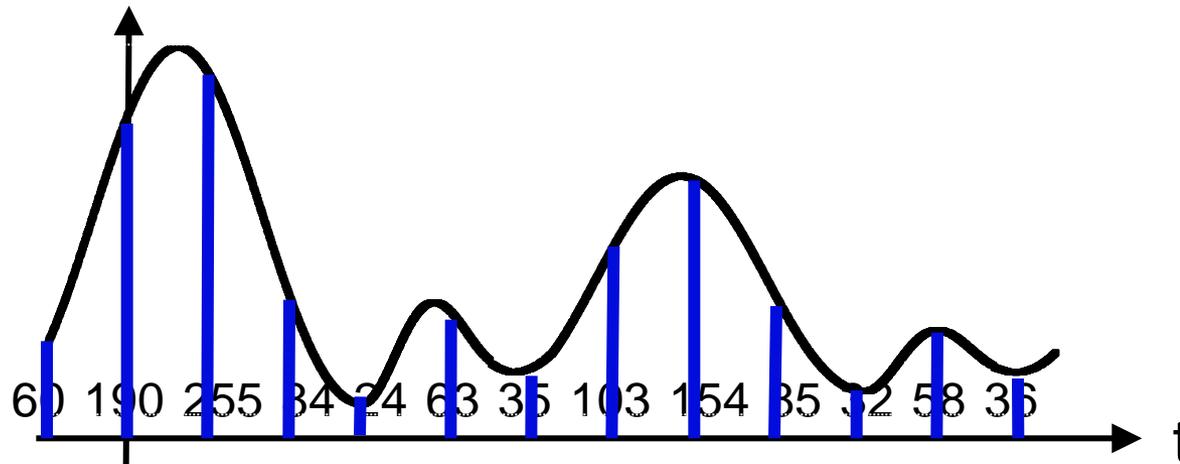


## アナログ信号

- ・時間軸：**標本化**による離散化
- ・振幅：**量子化**による離散化

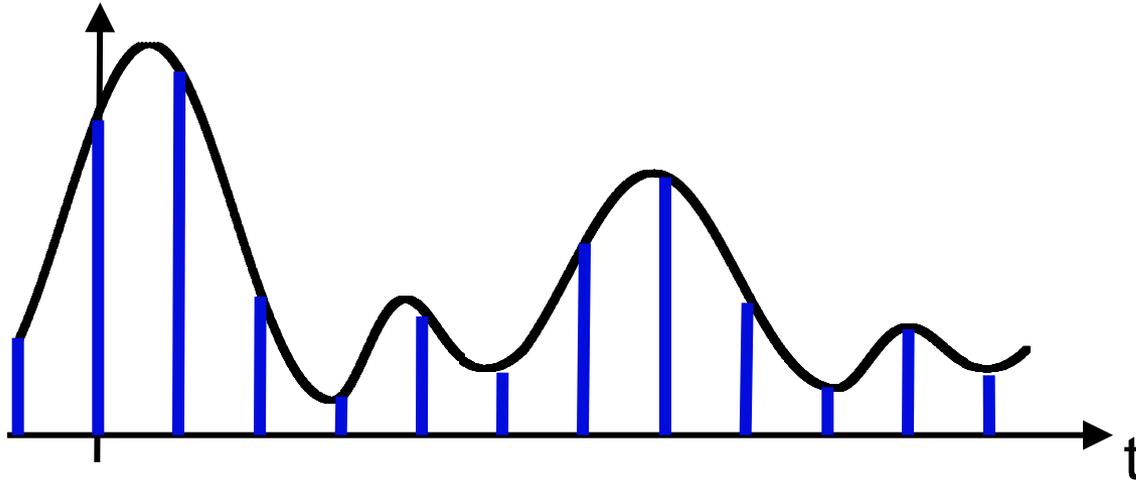


離散化された数値列  
デジタル化

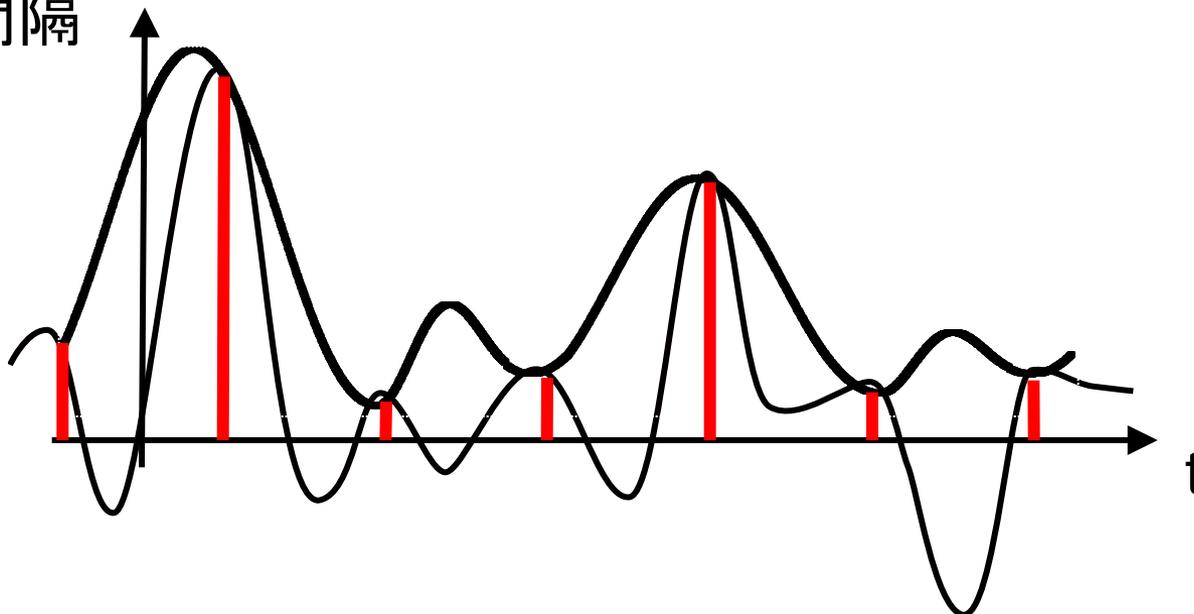


# 信号の標本化

標本化



標本化間隔

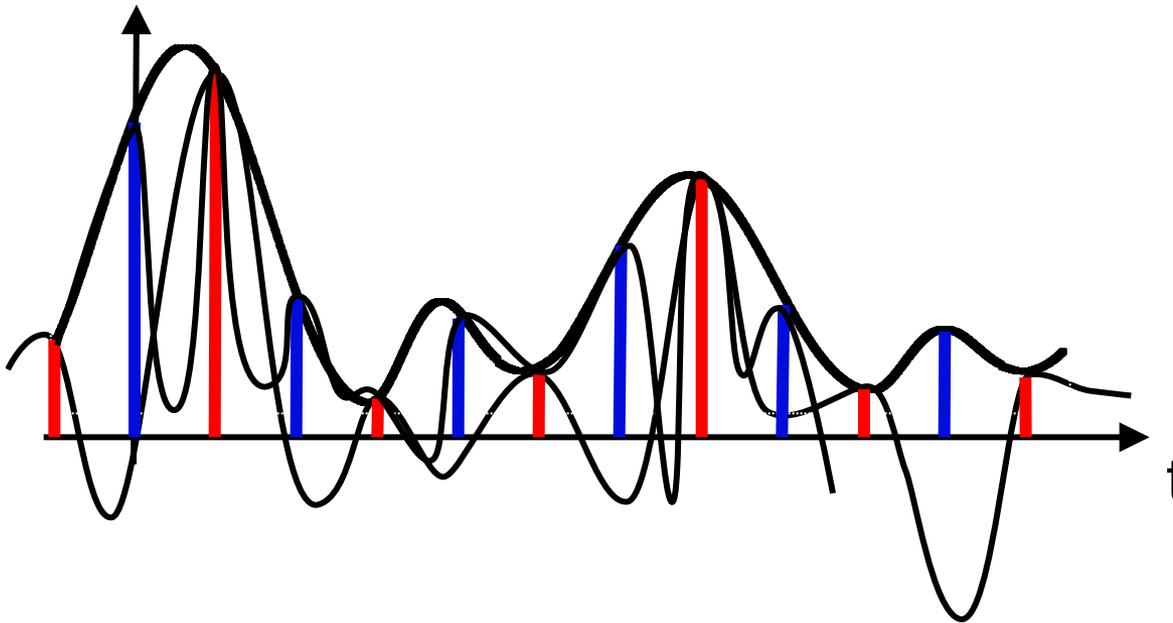


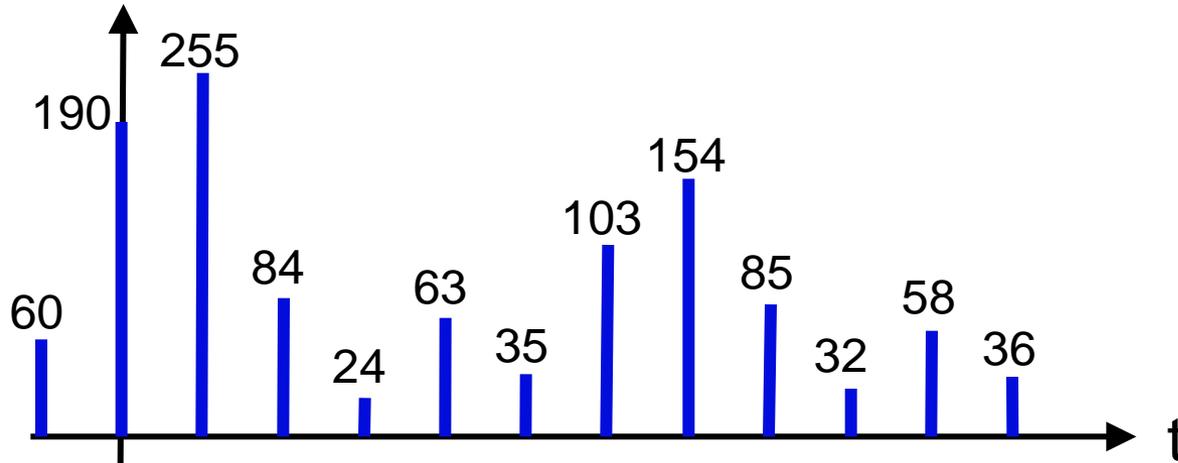
# 標本化定理

信号の最大周波数  $f_m$  に対して

$$\text{標本化間隔} \leq 1/(2f_m)$$

で標本化すると、標本化によって得られた離散値から元の信号を復元することができる。





## 量子化:

- ・ 一様量子化: 量子化ステップが一樣  
小振幅に対する量子化誤差
- ・ 非線形量子化: 量子化ステップが一定ではない
- ・ 音楽CD: 16ビット(一様量子化)
- ・ DVD video: 24ビットまでサポート

- 光エレクトロニクスは、多くの技術が関連する学問分野
- 今日(第一回目)は、光記録を中心に説明
- 半導体における発光・光吸収
- レンズのNAと波長 → 空間分解能
- 標本化と量子化 → アナログ信号のデジタル化
- 次回は、光ファイバ通信について説明