

# 実験をはじめる前に

## 1. 光とはなんだろう？

### ◇ 光の正体を求めて：科学の歴史を学んでみよう

光とはなんだろう？

皆さんの周りにあふれている光は電磁波と呼ばれる横波の一種です。電磁波は波の長さ（波長）によって色々な名前が付いています。携帯電話やラジオ・テレビ放送などに使われている「電波」は、波長が数十 cm から数十 m に及ぶ、とても長い電磁波です。一方、レントゲンで使われている「X線」は波長がおおよそ 1 Å (1 m の 100 億分の 1) というとても短い電磁波です。普段「光」と呼ばれている電磁波は、波長がおおよそ 400~750 nm (1 nm は 1 m の 10 億分の 1) の間にあり、青は 450~485 nm、緑は 500~565 nm、赤は 625~740 nm という具合に、波長によって色が違って見えます。青よりも短い波長は紫外線、赤よりも長い波長は赤外線と呼ばれ、これらは人の目には見えません（これらが見える動物もいます）。意外に感じるかもしれませんが、これら電磁波は波長が違うだけで全く同じ仲間です。図 1 は電磁波を波長ごとに整理したものです。電磁波の正体や振る舞いは、最近は良くわかっていますので、色々な使われ方がされています。では、人はいつから電磁波を利用するようになってきたのでしょうか。

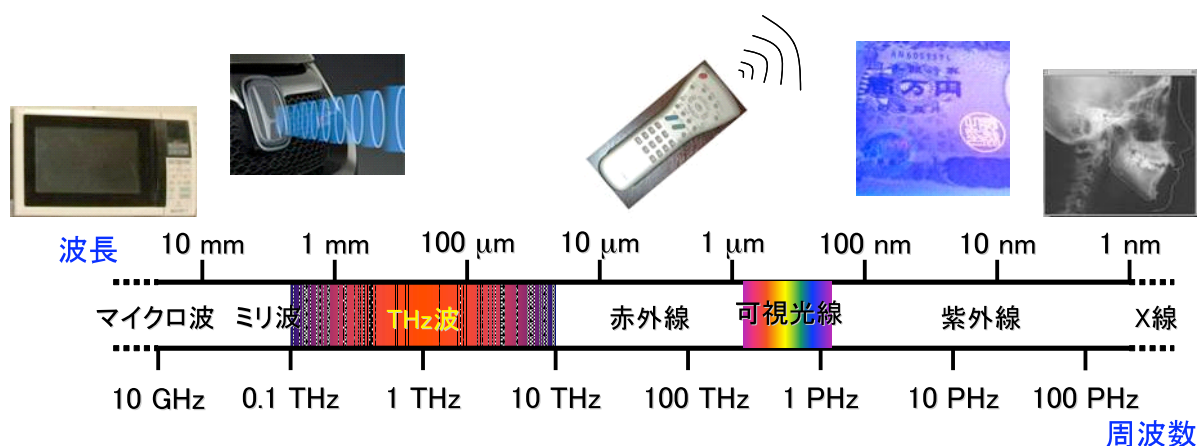


図 1 電磁波の波長と名称.

## 光の正体を探る歴史

光の正体は長い歴史の中でずっと謎のまま残されてきました。光の正体が突き止められたのは割と最近のことで、明治から昭和にかけての頃になります。それまで、光の正体が波であるか粒であるか、17世紀以来、大論争が繰り返されてきました。万有引力で有名なニュートンは光が粒であると主張し、ホイヘンスは光が波であると主張していました。この論争に決着をつける重要な実験が1850年にフーコーによって行われています。ポイントは、光が水の中に入った時に速くなるか、遅くなるか、という事でした。光は空気と水の境界面で屈折し、水中に入るときに曲がります。光が粒であると仮定すると、この現象は光の速度が速くなる事で説明されます。一方、光が波である場合、水中で光の速度が遅くなるという結果になります。水中での光の速さがわかれば、光が粒であるか波であるかに決着が付くはずでしたが、光はとても速いので（秒速30万km）測定が難しく、なかなか決着は付きませんでした。フーコーの実験により、光は水中で遅くなる事が判明し、光が波であるという決定的な証拠が得られたのですが、それはニュートン等の論争から実に200年後という事になります。明治維新の少し前のことです。さて、光はたぶん波だろう、という事はわかったのですが、ではどんな波なのかという問題が沸いて来ました。これを解明したのがマクスウェルです。マクスウェルは非常に数学に優れた人で、それまでにオームやファラデー達が発見した電気と磁気に関する実験結果を、数学的にとても美しい形式にまとめることに成功しました。この数式を解く事で、電気と磁気がかからまりあって伝播するはずだと予測し、驚くべき事にその速さが実験で得られていた光の速さとぴたりと一致していました。マクスウェルはこの不思議な波を電磁波と名付け、光も電磁波に違いないと主張したのです。1871年の事です。このマクスウェルの仮説を信じ、電磁波の発生に成功したのがヘルツでした。火花放電という方法で、電磁波を発生させ空気中を伝播させる事に成功しました。1888年の事です。人類の電磁波の利用は、ヘルツの実験をもとに急速に発展しました。最初は「電波」と呼ばれる波長の長い電磁波を使った通信応用です。1904年に始まった日露戦争でも既に電波による無線通信装置が使われています。電磁波の概念図を図2に示します。電場と磁場とが交互に振動しています。

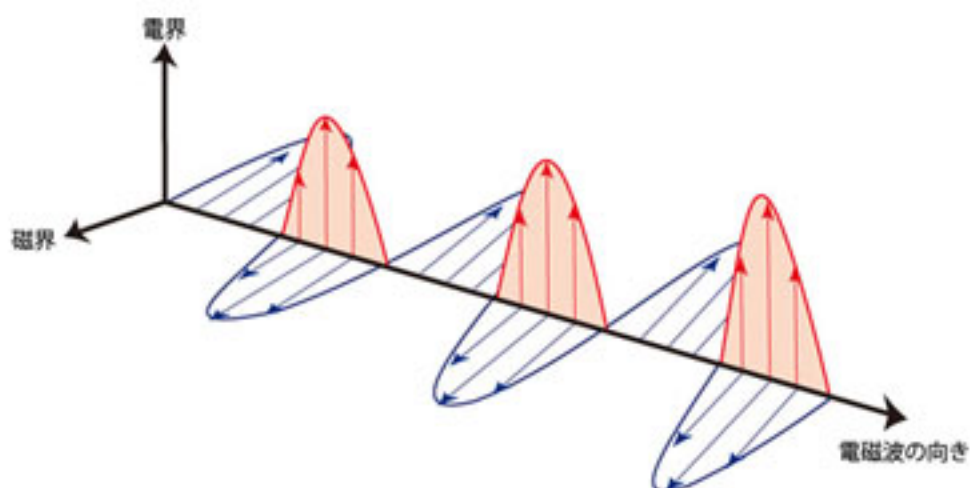


図2 電磁波の伝播の様子

しかし、電磁波の正体の探索はこれで終わりではありませんでした。20世紀に入ってから光の正体について論争が繰り広げられ、再び「光が粒である」と主張したのがアインシュタインです。1905年の事です。アインシュタインはこの業績でノーベル賞を受賞しています。光が粒でもあり波でもあるという不思議な解釈は、その後30年あまりもかかって量子力学という学問として育っていきました。

## 2. 半導体について学ぼう！

### ◇ 半導体とは

電気を通す導体や電気を通さない絶縁体に対して、それらの中間的な性質を持つ物質です。半導体は電圧・電流や光などの刺激で性質が動的に変わるため、いろいろ便利な使い方ができます。また、半導体に不純物を混ぜる事で、N型半導体、P型半導体と、少し性質の違うものを作り分けることができます。N型は電子で一杯、P型は正孔という粒子で一杯になっています。N型とP型の半導体を組み合わせる事で、色々な機能を実現する事ができます。

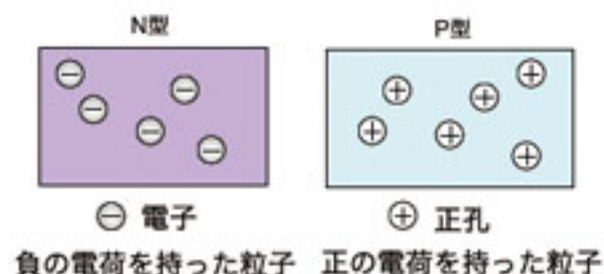


図3 N型半導体とP型半導体.

### ◇ 発光ダイオード

発光ダイオードは半導体でできています。N型半導体とP型半導体をくっつけて電圧をかける事で光が出ます。図4に示すようにP型半導体にはプラス、N型半導体にはマイナスの電圧がかかっており、正孔も電子も2種類の半導体がくっついている境界に向かって動きます。電子と正孔は引き合い、合体したときに光を出します。

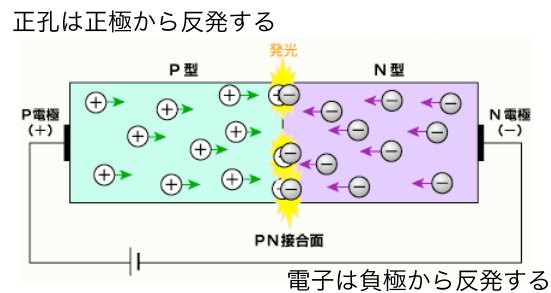


図4 発光ダイオードの原理図.

このとき出てくる光の波長は物質固有のものとなります。ガリウム燐 (GaP) では赤い光、窒化ガリウム (GaN) では青い光がでます。最近は信号機も発光ダイオードに変わりつつあります。とても効率が良く、部品も小さく、光の性質も良い (単色性に優れる) ため、どんどん生活の中に入り込んできています。とても優れた発光ダイオードですが、皆さんが生まれた頃にはまだ発光ダイオードはそれほど生活の中に入り込んで来ていませんでした。これは、青い光を出せる発光ダイオードが発明されておらず、光の三原色が完成していなかったためです。世界で初めて青色ダイオードが産声を上げたのは名古屋大学です。赤崎勇教授の研究で青く光るダイオードが発明されたのが約20年前の事です。

### ◇ トランジスタ

トランジスタは半導体で作られた部品で、増幅やスイッチ動作が可能な電子工学における主力素子です。みなさんの生活を陰で支えるとても大き

な役割を担っています。1948年にアメリカで発明されたトランジスタが、その後人間の生活を大きく変化させました（発明者の3人はノーベル賞を受賞しています）。やはりP型とN型の半導体を組み合わせて作られおり、P型の両端をN型で挟んだNPN型、N型の両端をP型で挟んだPNP型があります。ここではNPN型を例に挙げます（図5）。N型に付いている端子は電子を放出（emit）するのでエミッタ、左のP型についている端子はトランジスタの拠点（base）となるのでベース、右のP型についている端子は電子を集める（collect）のでコレクタと呼ばれます。それぞれの端子に電圧をかけると、エミッタからベースに電子が流れ込み、ベースを通り抜けた電子がコレクタに流れ込みます。ベース電圧が高く、従ってベース電流が大きいほど、コレクタ電流も大きくなります。ベースを通り抜ける事が出来なかった電子はベース電極から取り出されてベース電流となります。この電流変化の関係はコレクタ電流  $I_c$ 、ベース電流  $I_b$  を用いると  $I_c = h \times I_b$  の関係で表されます。ここで  $h$  は電流量の倍率で、約100~200倍となります。大半の電子はベースを突き抜けてコレクタに流れ込んでいるわけです。

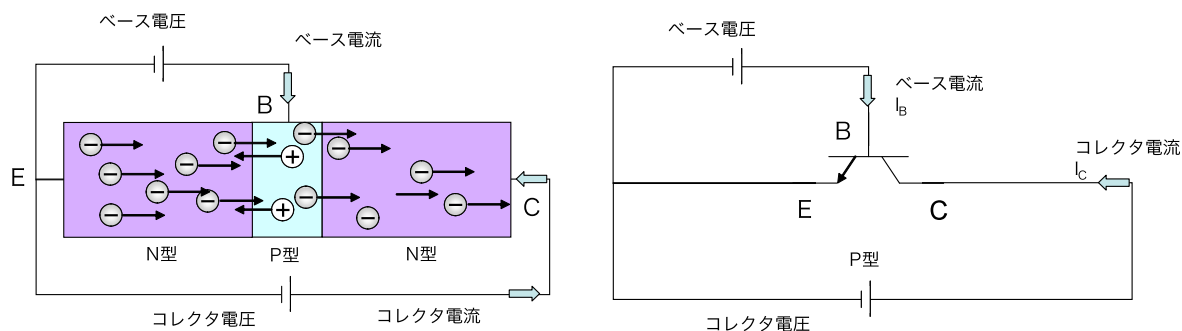


図5 トランジスタの原理.

### トランジスタのスイッチ機能

トランジスタの機能の一つとしてスイッチ機能があります。 $I_c = h \times I_b$  の関係からも推測できますが、 $I_b = 0$  の時には  $I_c$  も0になります。つまり、 $I_b$  の電流をON/OFFすることで  $I_c$  の電流のON/OFFを制御する事ができます。

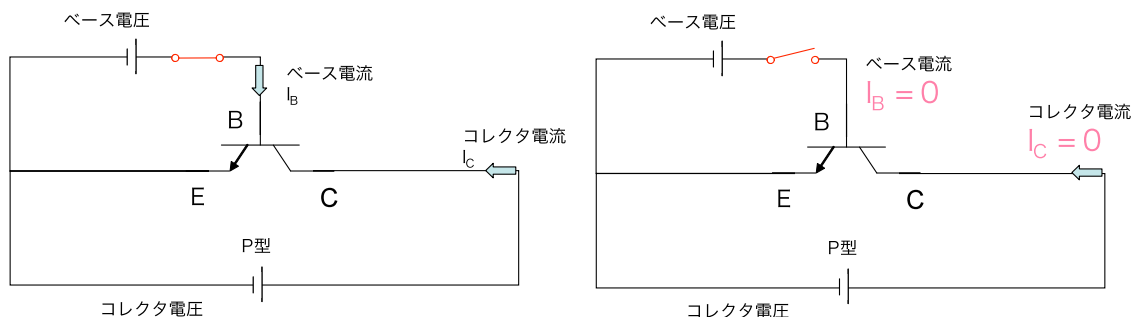


図6 トランジスタのスイッチ機能

### トランジスタの増幅機能

トランジスタのもう 1 つの機能は信号増幅機能です。ベース電流に小さな信号  $i_b$  が加わると、コレクタに  $h$  倍だけ増幅されたコレクタ信号  $i_c$  が現れます。半導体トランジスタの登場の前は、これらの機能は真空管で実現されていました。トランジスタ作製の技術が向上し、高周波や高出力での使用が可能になると、徐々に真空管は姿を消し、トランジスタに取って代わられるようになりました。

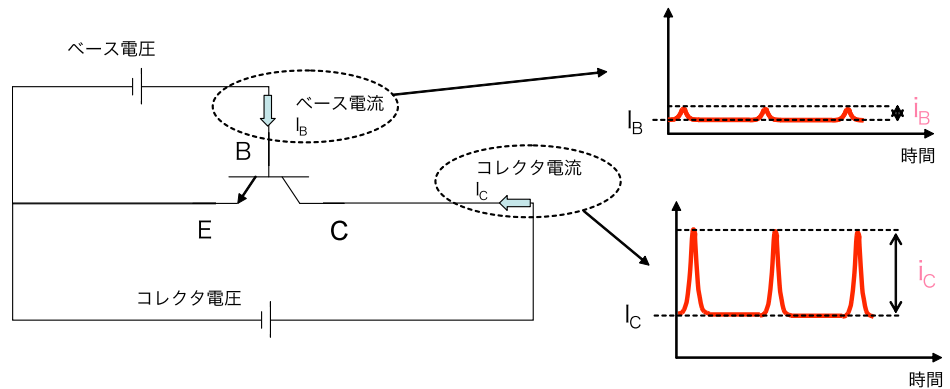


図7 トランジスタの増幅機能

