



## レーザ・ダイオードやLEDの 光パワーを正確に測定する

### 光パワー測定のテクニック(前編)

工藤 真  
Makoto Kudou

「光パワーを測定する」という場合の主な対象は、レーザ光源とLED光源です。特にレーザ・ダイオード(半導体レーザ)は、情報化社会のキー・パーツのひとつとも言えます。

身近な商品では、CD/DVD/MD/MOなどの光ディスクあるいは光磁気ディスクを利用する機器は、必ずレーザ・ダイオードを内蔵しています。また、普及期を迎えつつあるFTTH(Fiber To The Home)のような光通信網では、光源としてレーザ・ダイオードや通信用LEDを大量に使用しています。

これら以外にも、レーザ・ポインタ、レーザ・プリンタ、バーコード・スキャナなど、レーザ・ダイオードを利用した機器はたいへん身近なものになっており、われわれが仕事で関係する機会も増えてくると思います。

本稿では、光/光磁気ディスクと光通信の分野で使用されるレーザ・ダイオードやLEDの光パワー測定を中心に、光パワー測定のあれこれを解説します。

#### 「光」は電磁波である

簡単に言えば、「光」は波長がたいへん短い(周波数がすごく高い)電磁波です。

もう少ししていいに表現すると、エネルギーが波や微粒子の放出で伝達されるものを「放射」と呼びますが、

人間の目で検出できる波長の放射とそれに近い波長の放射とを合わせて「光」と称しています。図1に、電磁波の区分の一例を示します。

#### ● 光には紫外線と可視光線と赤外線がある

別の用語を使って光を表現すると、「可視光線」(真空中の波長が380 nmから780 nm程度まで)と、可視光線より波長の短い「紫外線」と、可視光線より波長の長い「赤外線」とを合わせたもの、ということになります。

光は波長で表すと何桁にも及ぶ広い範囲の電磁波ですが、通信や光ディスクなどの分野で利用する光は、主に可視光線と波長1.7 μm程度までの近赤外線(可視光線に近い赤外線)です。

#### ● 光は波長で区別する

光を表現するためには、真空中の波長を使うのが一般的です。波長が異なると、光が伝わるようすや光が物質に与える効果などが異なってきます。

例えば、光が媒質(真空やガラスのような固体、二酸化炭素などの気体、水のような液体など)を透過する際、ある特定の波長の光が減衰することがあります。例として、図2に水の近赤外スペクトルを示します<sup>(2)</sup>。縦軸は吸光度といって光を吸収する度合いを示しており、1400 nmおよび2000 nm近傍で極端に光が吸収さ

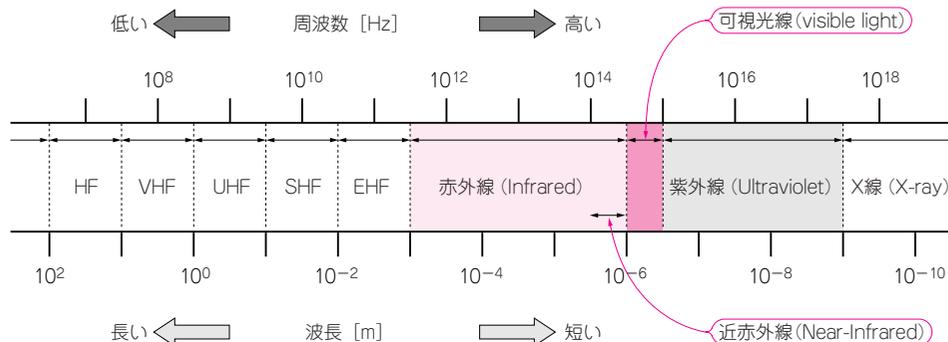


図1 電磁波の区分…光は電磁波である

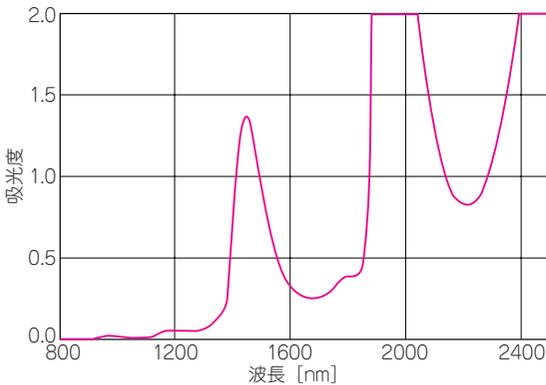


図2 (2) 水の近赤外スペクトル

れるようすがわかります。

また、物質に与える効果という点では、紫外線は日焼けや皮膚がんの原因になる一方で殺菌作用があり、赤外線は暖房や調理に利用するというようなことから、波長による違いがよくわかります。

● 光は粒でもある

光は電磁波であると同時に、**フォトン**(photon)という粒子(量子)でもあります。

極度に微弱な光のパワーを測定する場合、フォトンの数を数えるという手法があり、これを**光子計数法**あるいは**フォトン・カウンティング**などと呼びます。波長が既知ならば、フォトンの数からパワーを計算することができます。

● 光のエネルギーは波長に反比例する

フォトンのエネルギー  $E_p$  [J] は、次式で与えられます。

$$E_p = \frac{hc}{\lambda} \dots\dots\dots (1)$$

$h$ : プランクの定数 ( $6.626 \times 10^{-34}$ ) [J/s]

$c$ : 真空中の光速 ( $2.998 \times 10^8$ ) [m/s]

$\lambda$ : 光の波長 [m]

$c/\lambda$  は周波数(振動数  $\nu$ )に相当しますので、式(1)は次式のように書き換えられます。

$$E_p = h\nu \dots\dots\dots (2)$$

つまり、**フォトンのエネルギーは振動数に比例(波長に反比例)します**。紫外線領域のフォトン1個のほうが、赤外線領域のフォトン1個よりずっと大きなエネルギーをもっているということになります。

このような波長によるエネルギーの違いにより、物質に与える効果が異なります。

● 波長上の定義はさまざま

波長上の光の定義は厳密ではありません。大雑把には、狭義の光は可視光線で、広義の光は約1 nmから

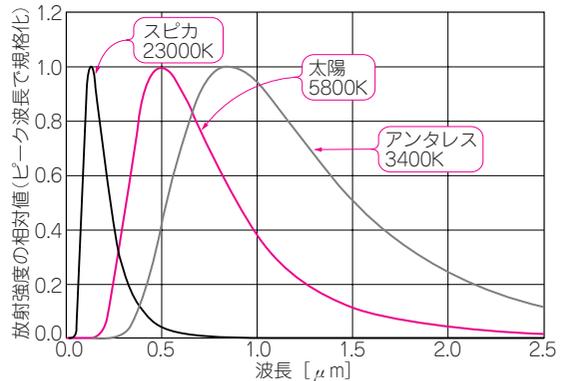


図3 恒星のスペクトラム

1 mm までの波長範囲の電磁波となります。

また、光を区分する「紫外線」「可視光線」「赤外線」という用語は一般的に使われますが、どこからどこまでの波長の電磁波が紫外線であるという統一された定義はないようです。さまざまな団体や規格が、定義が必要であれば個々の都合に合わせて定義しているのが実状のようです。

● 光の性質の3要素(空間, 時間, 波長)を考慮する

まず、宇宙空間に浮かぶ恒星から放射される光を考えてみます。放射の強度について大雑把に見ると、どの方向にも一様に、いつも一定に光を放射しており、空間と時間に依存しない(どこで測ってもいつ測っても変わらない)光になります。

また、恒星の光は図3に示したように、ある温度の黒体放射で近似することが可能で、連続的なスペクトラムになります。実際には、恒星の周囲に存在するガスなどの物質が特定の波長の光を吸収してしまう場合もあります。

● 光の測定では誤差が生じやすい

次に、レーザ・ポインタから放射される光について考えます。この場合、光の放射は一方向に限られ、空間に強く依存した(測る場所で大きく変化する)光になります。

また、レーザ・ポインタを点滅させれば、時間的にも大きく変化する光になります。スペクトラムについては、ほぼレーザの固有の波長だけという光です。図4に光通信で利用されるレーザ・ダイオードのスペクトラムの一例を示しました。

この二つの例からもわかるように、光の測定とは、**空間, 時間, 波長にかかわる複合した量の測定**です。したがって、目的に合った測定手段を選択しないと、大きな測定誤差を生じます。