

光マップ THE LIGHT MAP

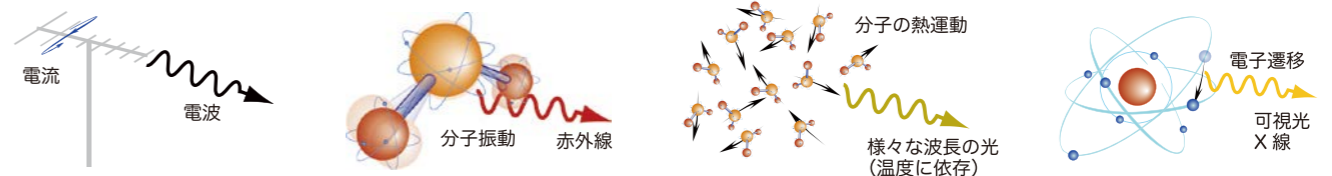
光は、自然界にいつも存在していて、あらゆる植物や生物、人類の生命と営みを支えています。太陽からの光は、地球上に温度をもたらし、植物の光合成のエネルギーとなります。蛍光灯やランプは私たちの生活を明るく照らします。レーザーは材料を加工したり、手術や治療をします。

ラジオやテレビや携帯電話の信号を送る電波、電子レンジで使われるマイクロ波、電気こたつや電熱線で加熱に用いる赤外線、日焼けや殺菌作用がある紫外線、レントゲン写真に用いるX線や、原子核から発生するγ線などはすべて、光のなかまです。

この光マップは、光が自然界や私たちの生活の中でどのようにつくられ、どのように使われているかをまとめたものです。

光の起源

光はどこで生まれるのでしょうか。光子(フォトン)は電子が加速度を持って動くことによって生まれます。アンテナの中で電子が動くと、低い周波数の光である電波が出ます。複数の原子から構成されている分子の中で原子が互いに動く(分子振動)と、原子の中にある電子も一緒に動くので光が生まれます。その光は赤外線です。水や空気の水分子が激しく動き回り、電子も共に動くので光が出ます。温度と光の周波数は対応します。分子の振動はランダムですので、熱が発する光(黒体放射)は単色の光ではなく様々な周波数の光が出ます。原子の周りを回る電子が別の軌道に移ると(電子遷移)、光が出ます。これは振動数の高い可視光です。原子の内殻の電子が遷移するとX線が生まれます。

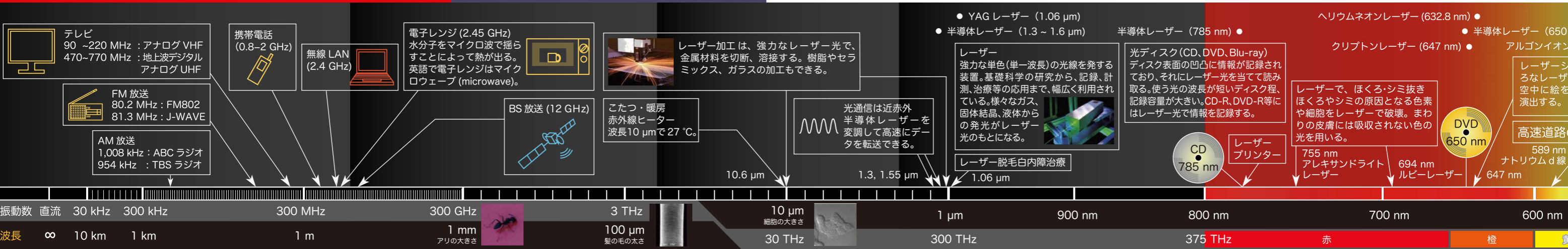


波としての光

光は横波で、振動数は1秒間の振動の回数です。振動数と距離のかけかけで波長が求められます。振動数や波長に依存する色や性質があります。

粒としての光

光子は粒子として振動数(エネルギー)によって色や性質が異なります。ちょうど、光が明るい暗い(光子振動数)に相当するエネルギーを持っています。



電波領域 (電波も光)

アンテナで送受信

ラジオコンは、電波 (radio wave) でコントロール。

ICカード 電車で乗るのもラク。

レーザー 電波を照射して反射波を検出し、飛行機の位置を捕捉したり、降雨や降雪を観測する。ステルス戦闘機は奇抜な外形や電波吸収材料で電波の反射を抑える。

NMR / MRI (核磁気共鳴) 磁場と電波を使って体の中を輪切りに見せる。脳梗塞などの早期発見に有効。

速度取締りも、レーザーの原理。

遠赤外光

低温の黒体放射

電波望遠鏡 波長約1mmから1cmの電波を検出する望遠鏡。日本では野辺山宇宙電波観測所にある。温度が非常に低い星間ガスなどからの黒体放射を観測する。

テラヘルツ波は様々な物質を透過し、X線に比べて人体への影響が少ないため、X線に代わる安全検査技術として期待されている。

テラヘルツ波で検出した封筒の中の薬物

黒体放射 物体はその温度に応じて様々な波長の光を放射する。この現象を黒体放射という。

自由電子レーザー (FEL) 紫外から赤外までの広範囲で波長を自由に選択して強力な光をつくる。高速の自由電子を磁場によって蛇行させて発生したシンクロトロン放射からレーザー光線をつくる。国内では大阪大学、東京理科大学などにある。

ハッブル宇宙望遠鏡は、近赤外光検出で63光年離れた惑星でメタンと水を見つけ、太陽系外で有機物が確認された。宇宙の他の星にも生物がいるかも！

中赤外光

分子振動・格子振動、有機分子が見える領域

有機分子の指紋領域 中赤外は分子の振動単位が豊富。有機分子の"指紋領域"と呼ばれる。

二酸化炭素 (C=O 基) : 4.3 μm
水・アルコール (O-H 基) : 2.9 μm
メタン (C-H 伸縮) : 3.3 μm
トルエン (ベンゼン環) : 6.7 μm

二酸化炭素の吸収スペクトル

すばる望遠鏡 ハワイ島にある日本の大型天体望遠鏡。可視光から中赤外光の光を使って宇宙を探る。直径8.2mの反射鏡は世界最大級。

気象衛星ひまわり 10 μm付近 (大気窓) : 黒体放射から雲や地表温度を観測する。6~7 μm (水の吸収) : 水蒸気の分布を観測する。

近赤外光

物質と相互作用しない、物質が透明な領域 (光通信に使われる)

監視カメラ (ナイトビジョン) 近赤外光を照射し、カメラで検知する。目に見えない波長なので、暗闇でも相手に気付かれない。防犯のほか、軍事にも用いられる。

センサー・赤外線通信 (IrDA) 自動ドアやトイレ、照明用のセンサーや、テレビやステレオのリモコン、パソコンの通信にも近赤外光が使われる。

リサイクル識別 様々なプラスチックの種類を近赤外領域の吸収スペクトルの違いから識別し、リサイクルする。

近赤外光イメージング 生体透過性の高い近赤外光は、脳活動の計測や、皮膚、網膜等の断面観察に用いられる。

白熱灯 (2,500°C) の黒体放射のピークは、1 μm付近。

可視光

人間の目に見える光、外殻電子遷移

紅葉 アントシアン カロチノイド クロロフィル

秋になると、葉緑素のクロロフィルが分解されてカロチノイドの黄色に、その後、アントシアンがつくられて赤色に変わる。

光合成では、クロロフィルという色素が主に 650~700 nmの光を吸収し、二酸化炭素と水から炭水化物を合成する。

太陽電池は、電卓、腕時計、街路灯から人工衛星にまで使われる。光のエネルギーでクリーン発電。

半導体量子ドット 直径数nmの半導体粒子で蛍光を発する。小さい粒子ほど短い波長で光る。

スタンダードグラスの色は金属の色であり、永遠に褪せない。金は数ナノメートルの小ささになると赤く色づく。形や大きさを変えるだけで可視から近赤外まで色が変化する。このような科学は「プラズモニクス」と呼ばれ、がん治療や太陽電池、ナノ回路、ナノ顕微鏡に使われる。

白色をつくるが必要。テレビの液晶の画素 CR

油膜が色づくのは光の干渉

異なる方向から伝わってくる光が重なり合うと、互いに干渉し、強め合ったり弱め合ったりします。シャボン玉や水面に浮かぶ油膜が七色に見えますが、これは膜の表面と裏面とで反射した光が干渉するからです。立体像であるホログラム (1971年ノーベル賞) は、光の干渉を使ってつくり出します。

干渉する光はコヒーレント (可干渉) であるといえます。レーザーはコヒーレントな光を出す装置です。

クレジットカードのホログラム

空の青色は光の散乱

光が小さな粒子 (分子) に当たると散乱します。波長の短い光は長い波長の光よりよく散乱します。空が青いのも夕焼けが赤いのも光の散乱の効果です。

もとの光から色がずれて散乱する光があります。ラマン散乱といい、分子や結晶の振動エネルギーが光子に足し算 (引き算) されるために生じます。この色のずれを計測して、半導体結晶の欠陥や分子の種類を分析する技術があります。

空の色は散乱された青い光

虹の七色は光の屈折

光が空気から水やガラスに入ると、曲がります。この現象を屈折といいます。屈折率は光の波長 (色) によって異なります。万有引力の法則で有名なニュートンはプリズムを使って太陽の光には様々な色が混ざっていることを発見しました。雨上がりの路地に虹が見えるのは空気中の水滴がプリズムとして太陽光を分光するからです。最先端の光科学には、負の屈折率の物質 (逆向きに光が曲がる) を人工的につくる研究が進んでいます。

折れたように見えるけど...

プリズムで屈折して色分けされた光

光は回折する

光の進路に障害物を置くと、光は障害物の裏側にも回り込んで伝わっていきます。細い光線をつくらうとして細い穴に光を通して、すぐ広がってしまいます。光の回折を利用して光を選択することができます。細かい周期構造に光を照射すると、それぞれの構造で回折した光が干渉し、角度によって違う色が見えます。CDやDVDの表面が七色に見えるのは、記録ビットの列が回折格子として働くためです。タマムシやチョウの羽、貝殻も、表面に周期構造があって七色に見えます。このように回折で現れる色のことを構造色といいます。

モルフォ蝶と、羽の電子顕微鏡写真

七色に光るCDの表面

光子ロケットは光の放射圧

光が物質の境界面で屈折や反射、散乱すると、物質に力がかかります。光の放射圧は、400年前に予言されたといわれています。天文学者のケプラーは彗星 (ほうき星) の尾がいつも太陽と反対側にのびのびを見て、太陽からの光の圧力のせいだと考えました。スティーブン・チューらは光の放射圧で原子を冷却する技術を開発しノーベル賞を受賞しました。SF小説には放射圧で飛び光子ロケットが出てきます。JAXAやアメリカでは実際にソーラーセイル宇宙船を研究しています。