

目に見えない光

Beatriz García, Ricardo Moreno

International Astronomical Union

ITeDA and Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Colegio Retamar de Madrid, Spain



目標

- 天体から放射される、人の目で感知できない電磁波エネルギーについて示す。
- 電波、赤外線、紫外線、マイクロ波、X線の存在を確かめるために、いくつか簡単な実験を行う。



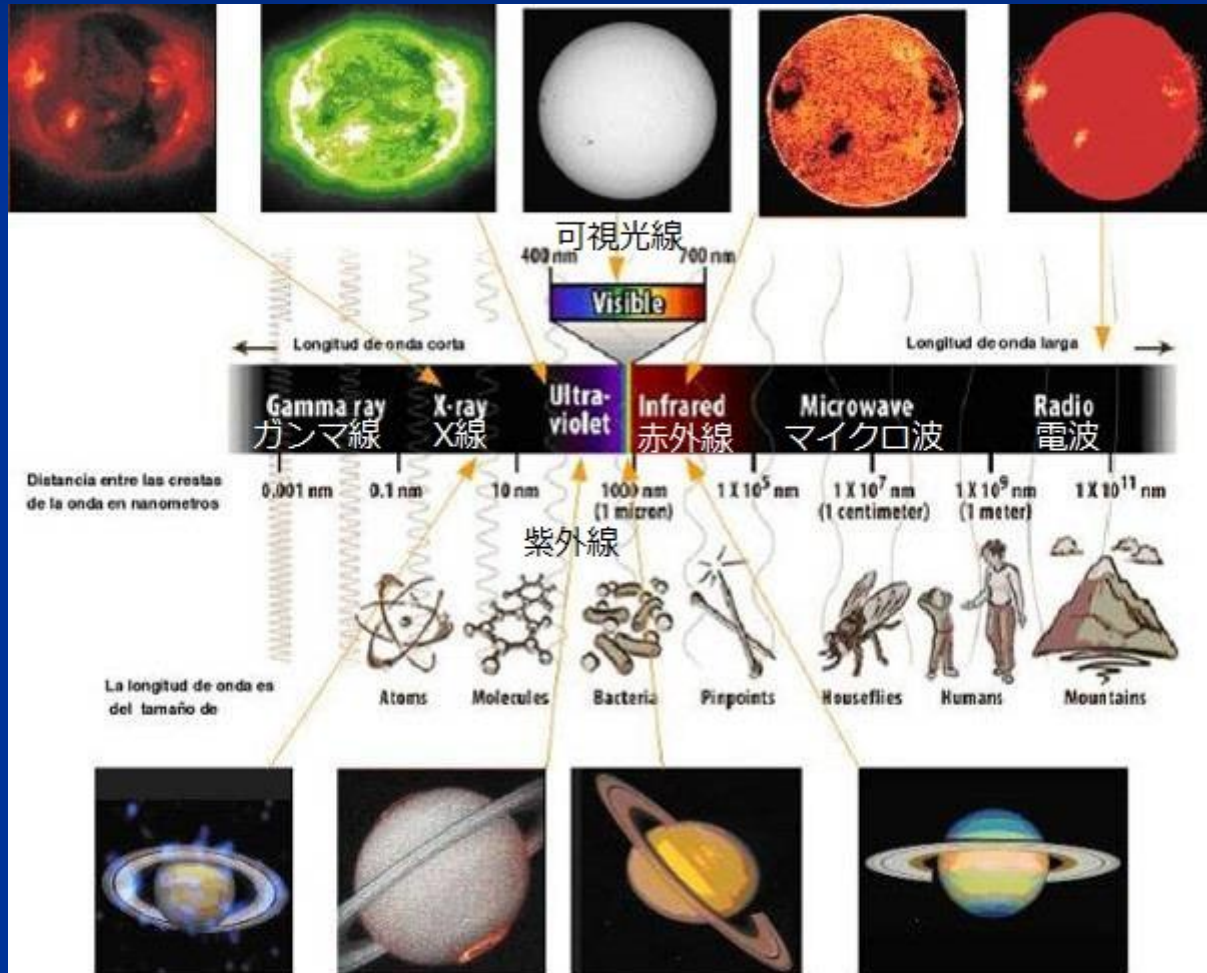
概要

- 長い間、人の目で見ることのできる可視光でのみ研究がされた。
- 人の目では見ることのできない、他の波長からわかる情報が存在する。
- 現在、可視光のみならず、赤外線、紫外線、電波、マイクロ波、X線、ガンマ線を通して宇宙を観測している。

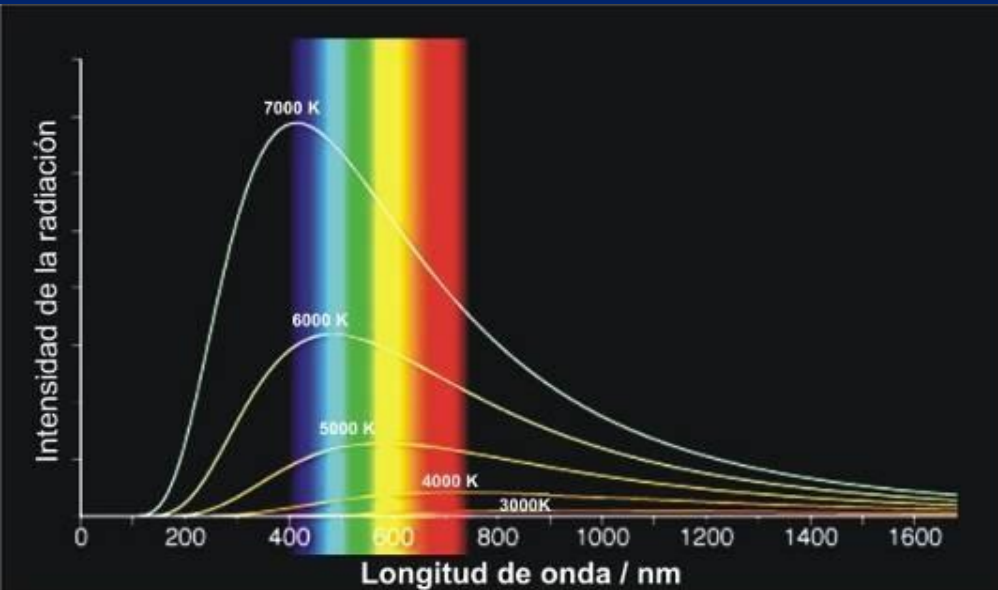


電磁波のスペクトル

電磁波のさまざまな波長



黒体の放射線



「黒体」は、加熱されると、多くの波長で発光します。

放射強度が最大になる $\lambda_{\text{máx}}$ があります。この $\lambda_{\text{máx}}$ は温度 T に依存します：

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{T} \quad (\text{m})$$

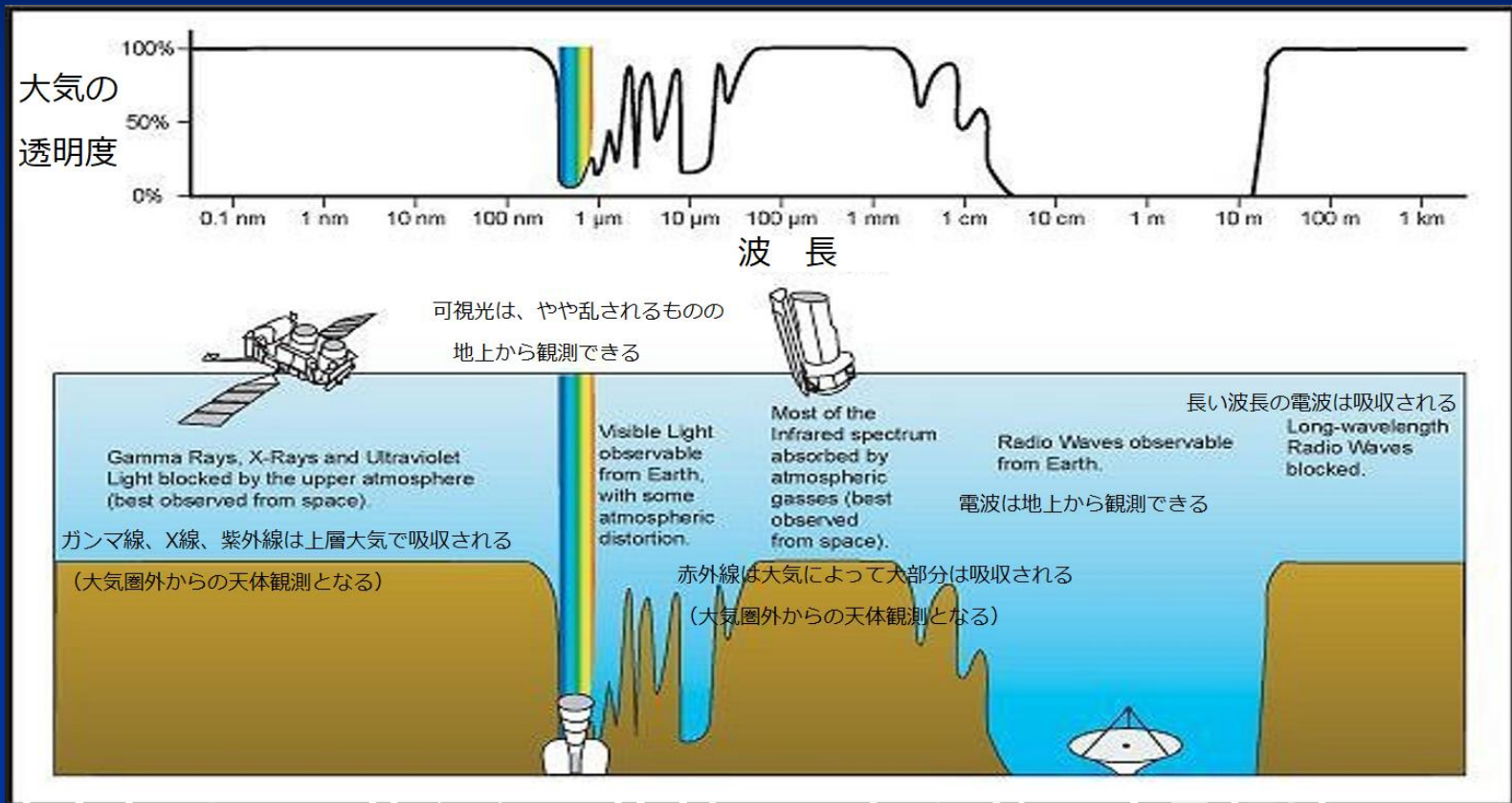
遠くの物体の放射を調べることで、そこに行かなくてもその温度を知ることができます。

これは、ほとんど黒体である星に当てはまります。

ウィーンの方法

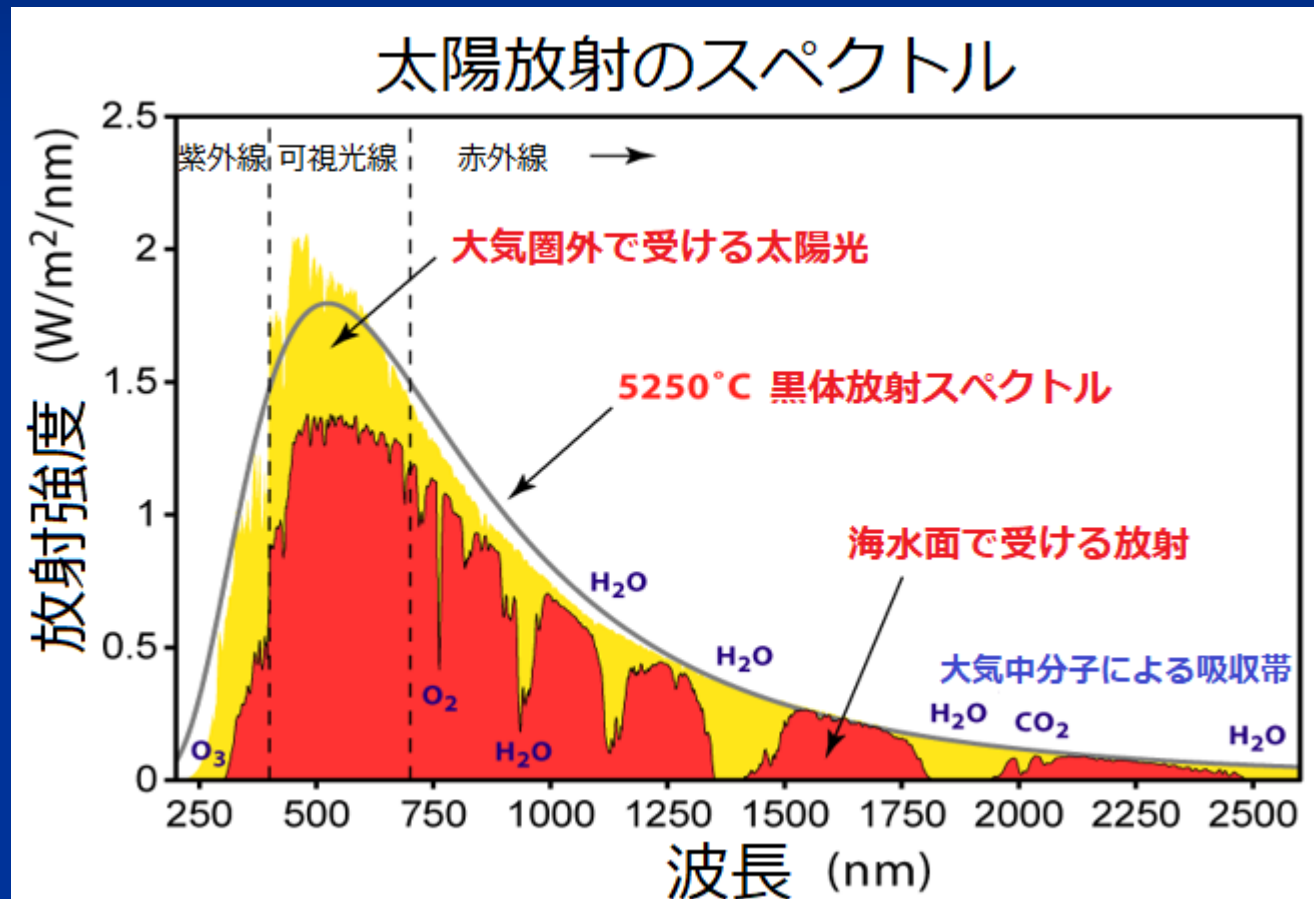


太陽放射 地球大気中の電磁波の「窓」



地球大気は、天体からの放射のほとんどの波長領域で不透明である。大気圏外に出て高エネルギー（短波長）の電磁波を観測し、低エネルギー（長波長）の電磁波を受け取るには特殊な装置が必要となる。

太陽からの電磁波放射が地球大気を通る時、「黒体放射」としては変化するかのように見えるが、放射強度最大となる波長 λ_{\max} は変わらない。



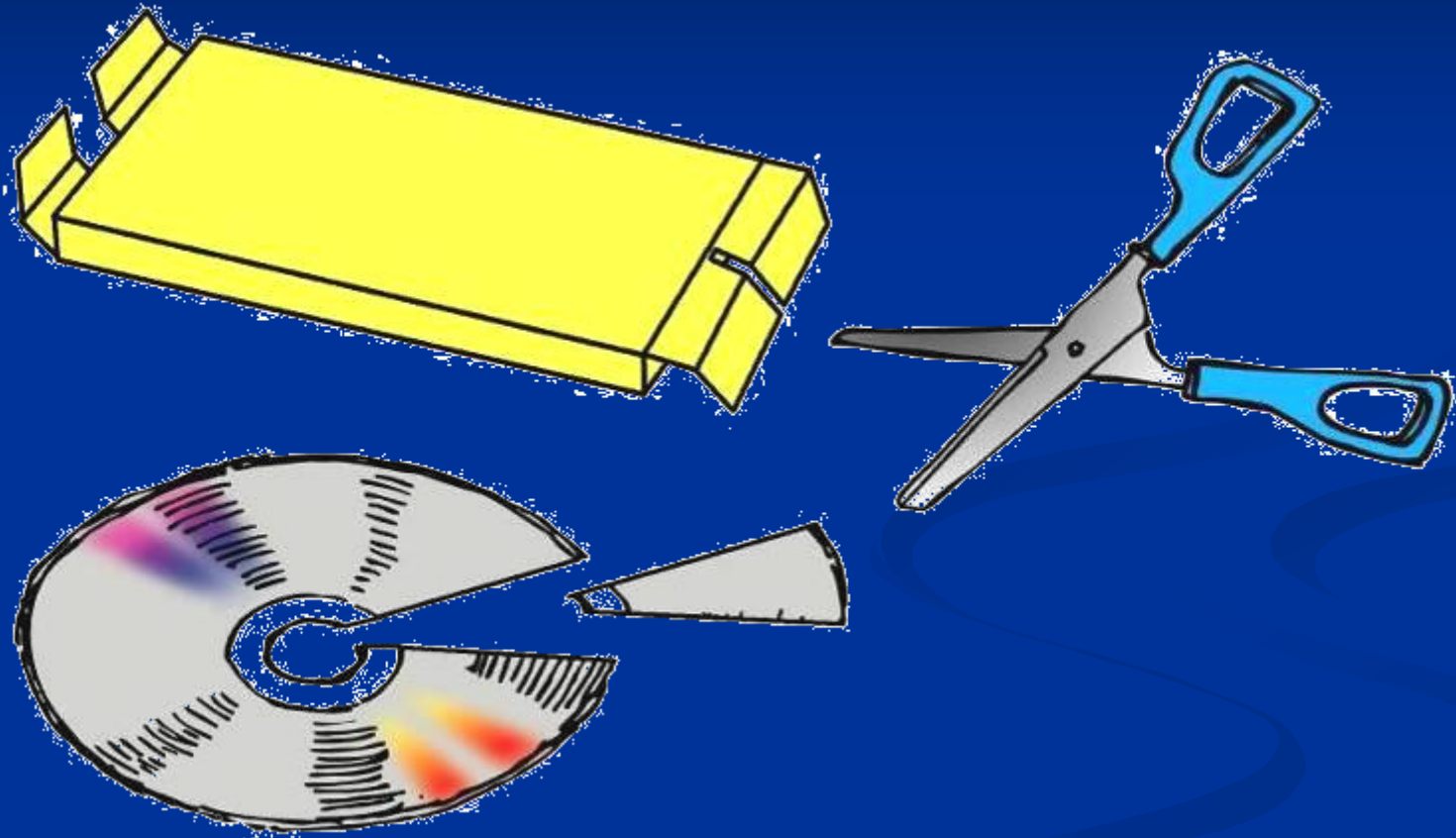
放射強度最大となる波長 λ_{\max} は温度で決まっている。
その波長は、可視光域にある必要はない。



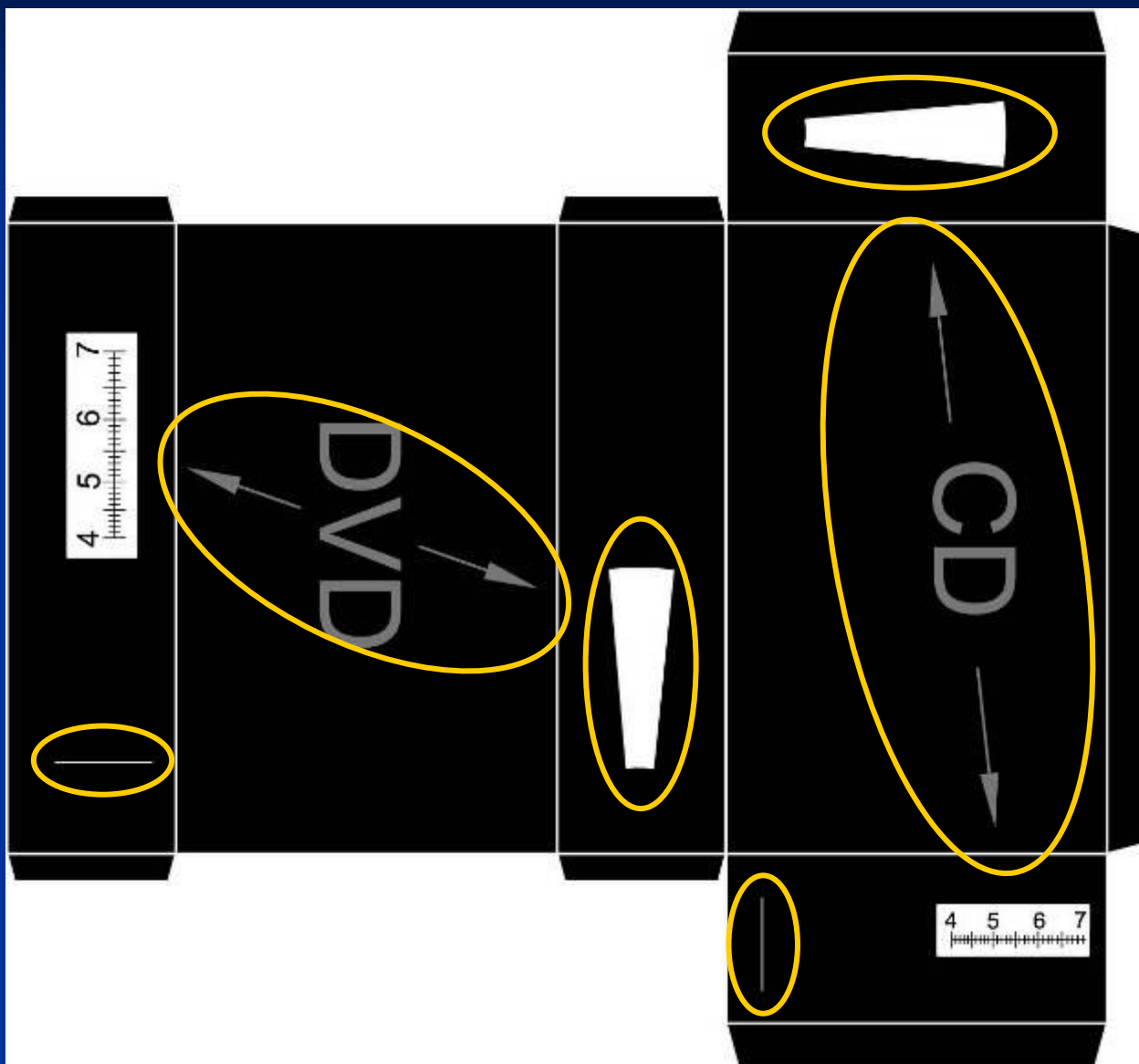
例えば、人間の体温は $T = 273 + 37 = 310 \text{ K}$ である。
よって、人間からの放射強度最大の波長は： $\lambda_{\max} = 9300 \text{ nm}$

夜間監視カメラは、この波長 λ_{\max} を使っている。

活動1:分光器の作成



活動1:分光器の作成



DVDとCD
とで、型紙
を切る場所
が違う。

活動1:分光器の作成



CDの金属層を、
削るかテープを
使って取り除く。

注意: 白いCDや
商用CDは、うまく
はがれない。

活動1:分光器の作成



黒い部分を内側にして折り、

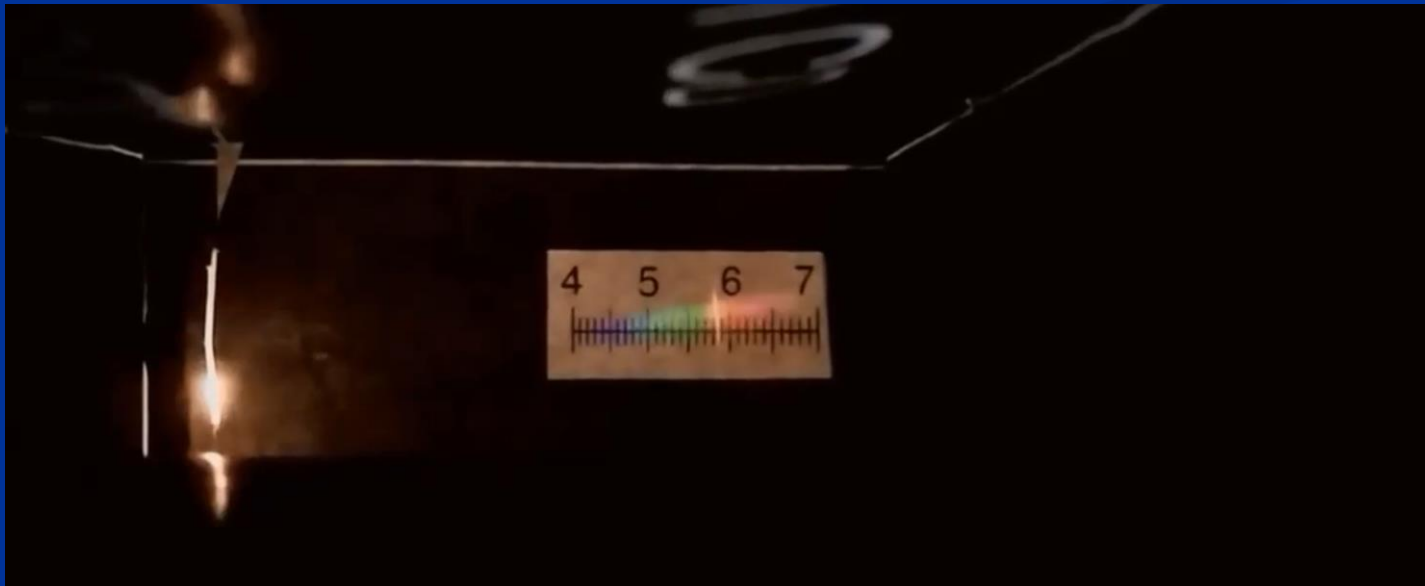


白熱灯、
蛍光灯、
街灯からの
光を比べて
みよう。

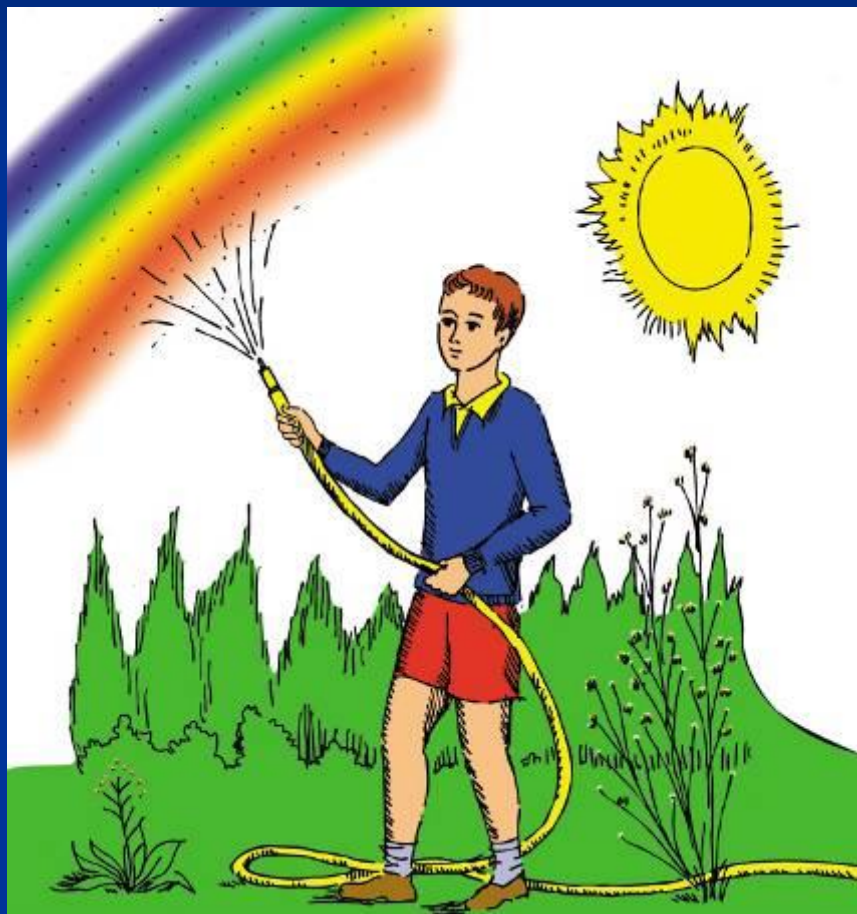


アクティビティ2: ナトリウムラインの可視化

分光学は、私たちに届くスペクトルを調べることで、星や太陽系外惑星の化学組成を知ることができます。例えば、ろうそくの芯に塩 (Na Cl) を少し染み込ませて、波長589に対応するナトリウムの輝線を見る例を見てみましょう。

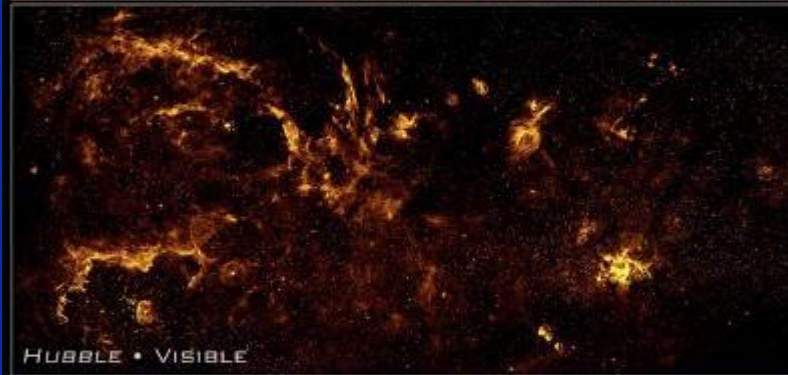


活動3: 雨粒を使って、太陽光を分解



子どもでも、太陽光を分解して虹を作ることができる。
太陽を背にして、霧吹きが出るホースから水を散布させればよい。

スペクトルの他領域



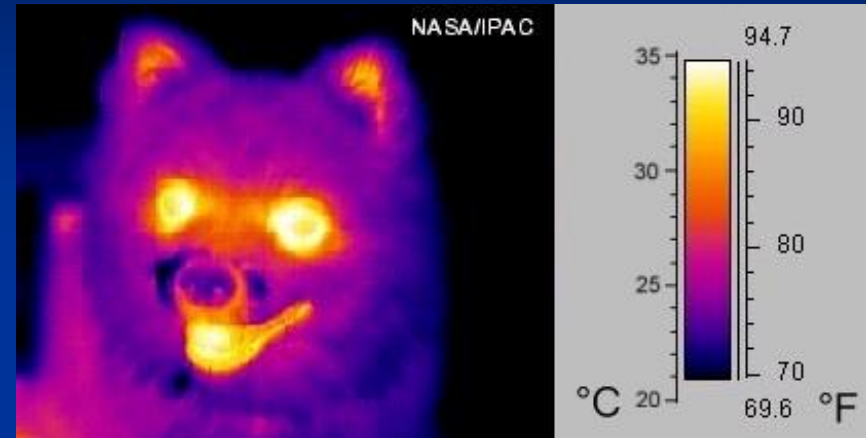
- 星間雲のような、大変低温の物質がある。
- そこから可視光は放射しないが、赤外線、マイクロ波、電波を放射する。
- 放射の種類は、内部の物質の放射過程に関係している。

例：私たちの銀河の中心の詳細



赤外線

- ウィリアム・ハーシェルはプリズムと温度計を使って赤外線を見つけた。
- 可視光を放射するほどの高温でなくても、温まったものから赤外線が放射される。
- 左図：温度と色の関係（右上）を使って、赤外線放射を可視化した例。

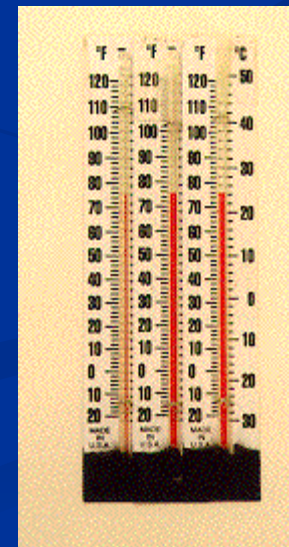
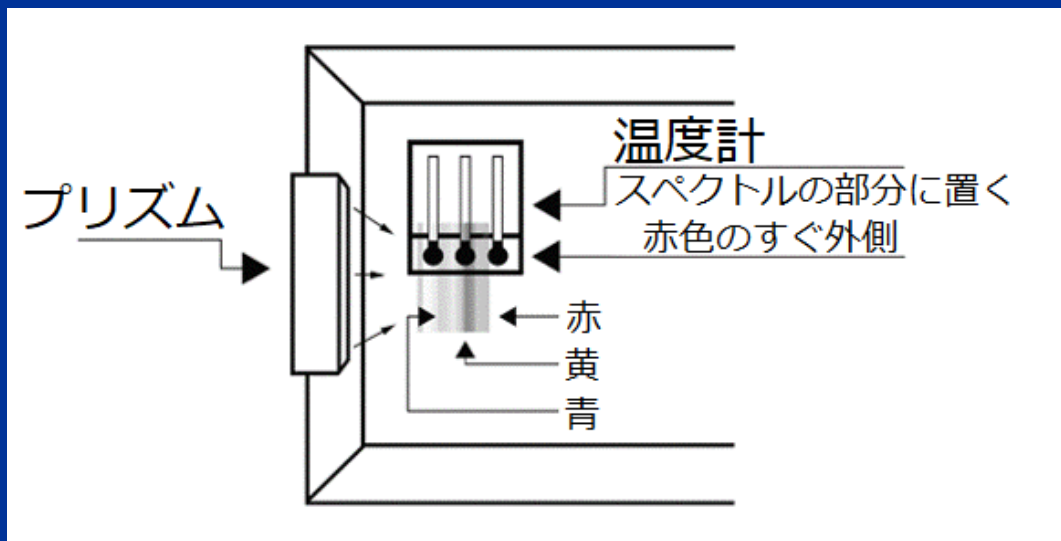
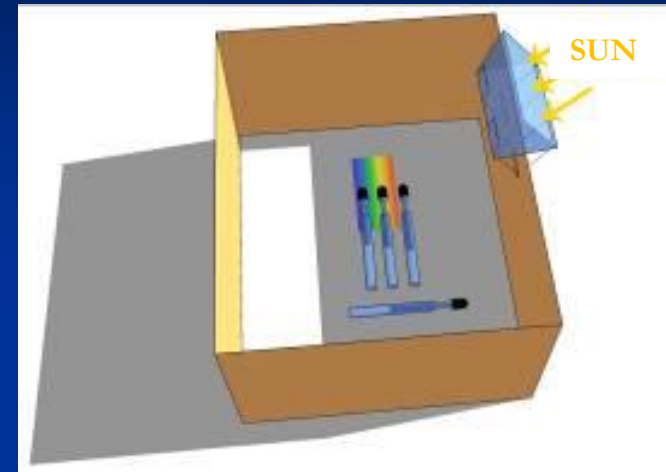
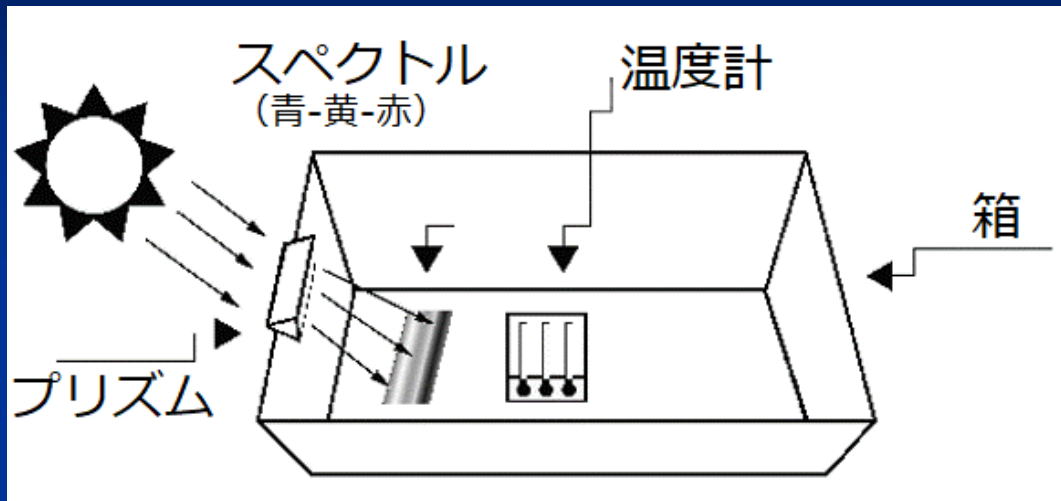


活動4: ハーシェルの実験

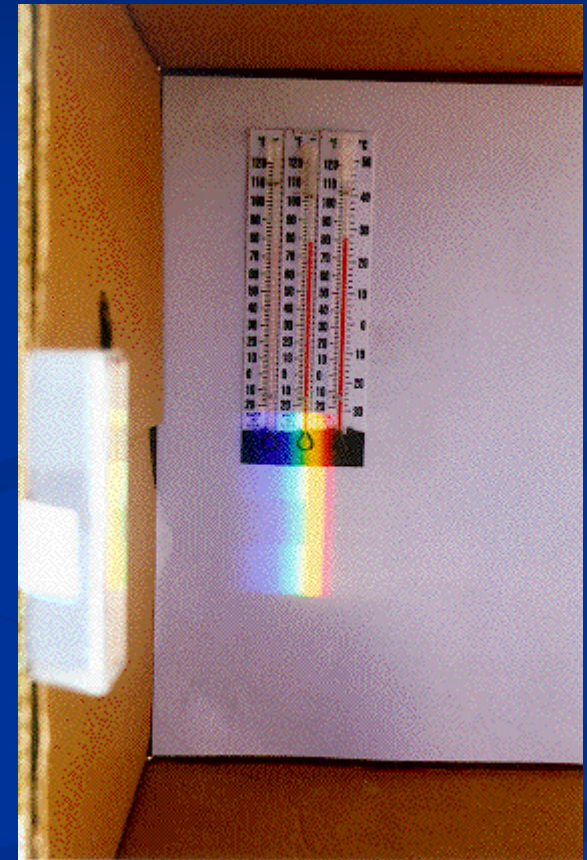
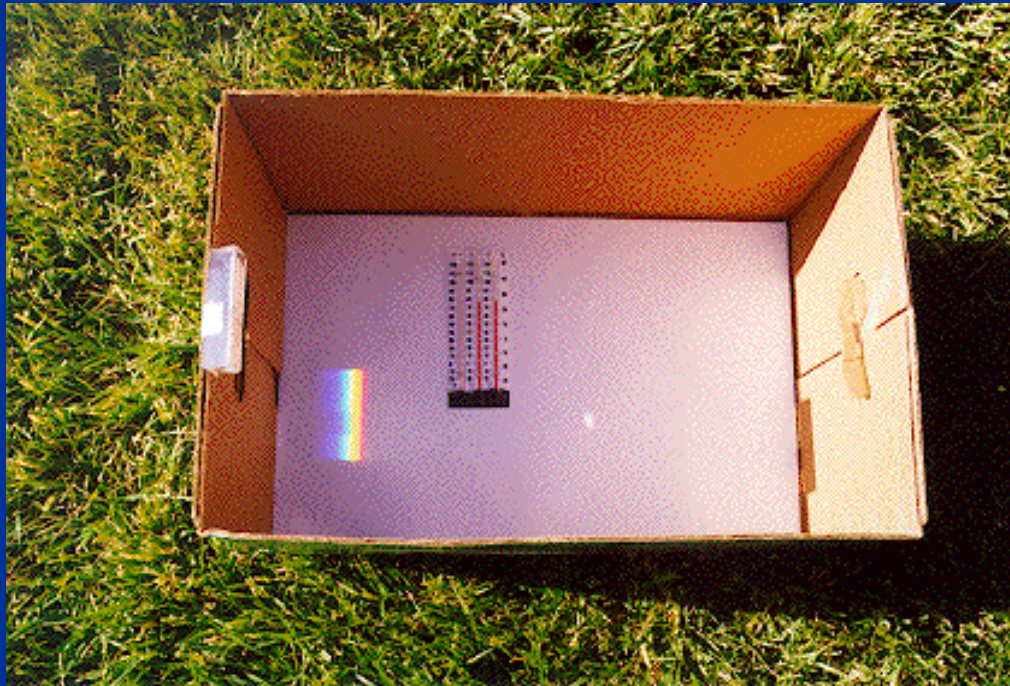


- 1800年、ハーシェルは太陽光の中に赤外線を発見した。

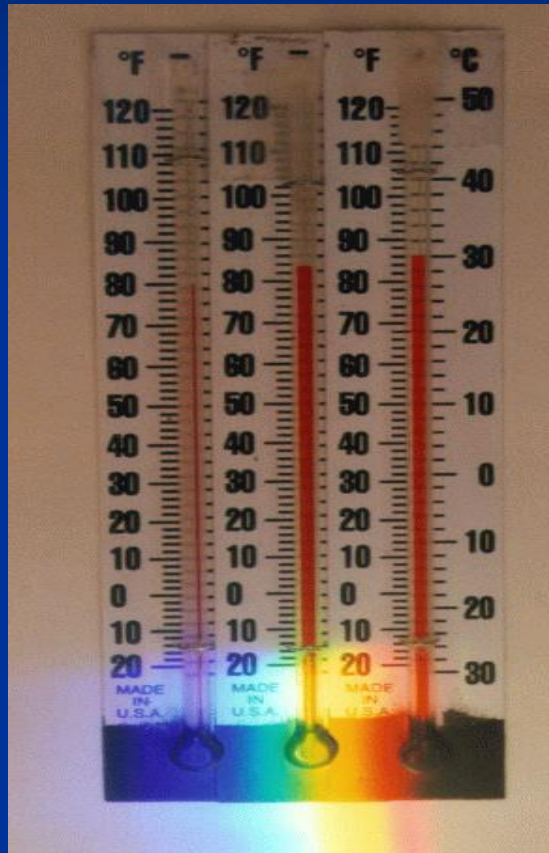
活動4: ハーシェルの実験



活動4: ハーシエルの実験



活動4:ハーシエルの実験



データ集計表				
	温度計1 青	温度計2 黄	温度計3 赤	温度計4 外側
1分後				
2分後				
3分後				
4分後				
4分後				

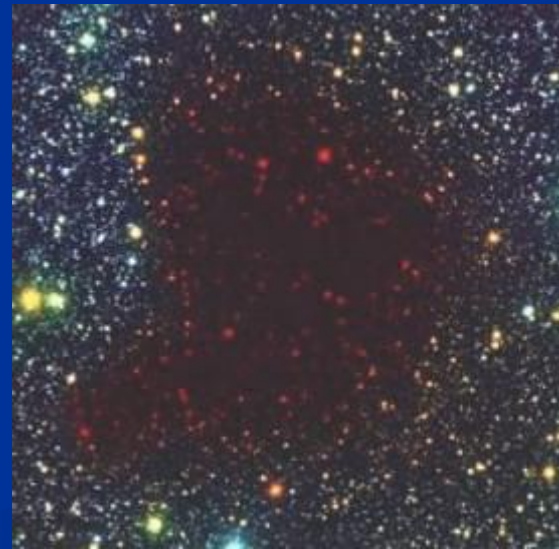
活動5: 携帯電話で赤外線を受ける

- リモコンから赤外線が出ているが、人間の目には見えない。
- 携帯電話についているカメラは、赤外線を感知できるものが多い。



赤外線の特長

- 銀河系間の塵は可視光を大きく吸収するが、赤外線では吸収が少なくなる。

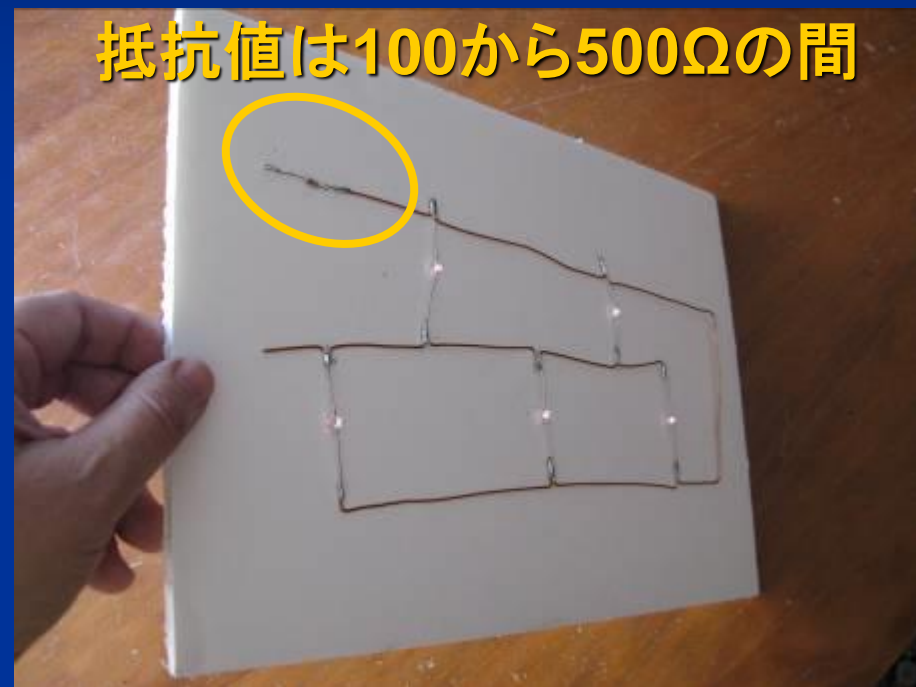
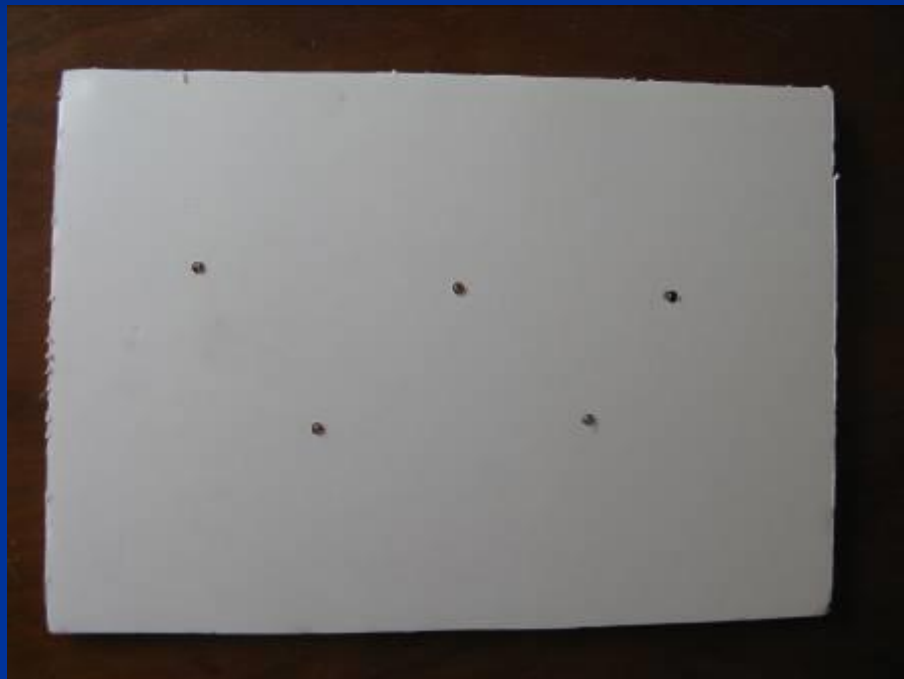


活動6: 白熱電球からの赤外線

- 白熱電球から発生するエネルギーの多くは可視光の範囲にあるが、赤外線も発している。赤外線は布を通り抜けるが可視光は通り抜けない。
- 同じ現象が銀河中の塵でも起こっており、これによって赤外線は透過できても可視光では不透明になっている。



活動7: 赤外線 LED を使った星座



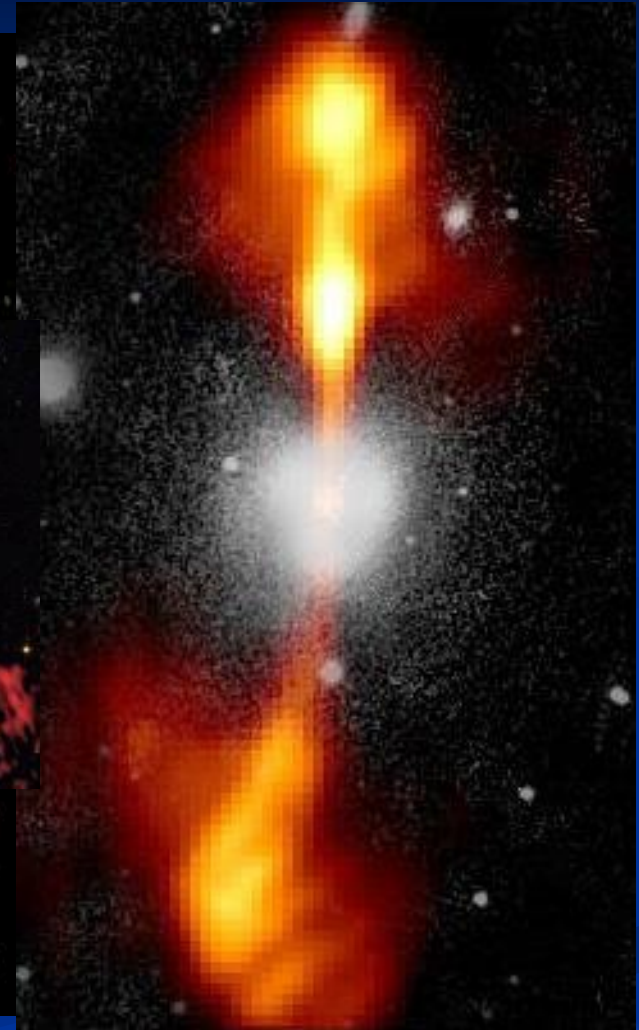
カシオペア座を赤外線 LED で表示

活動8: リモコンを使った星座

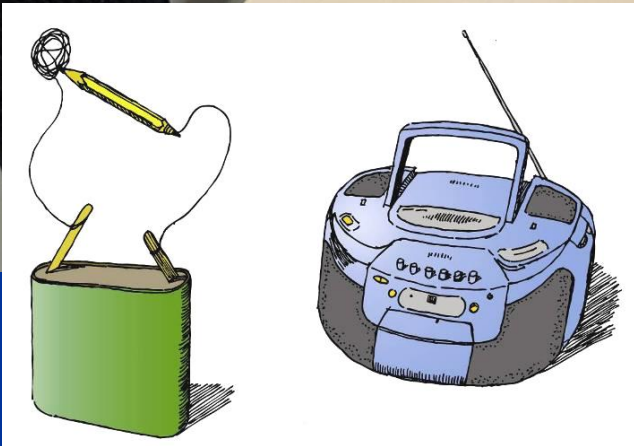
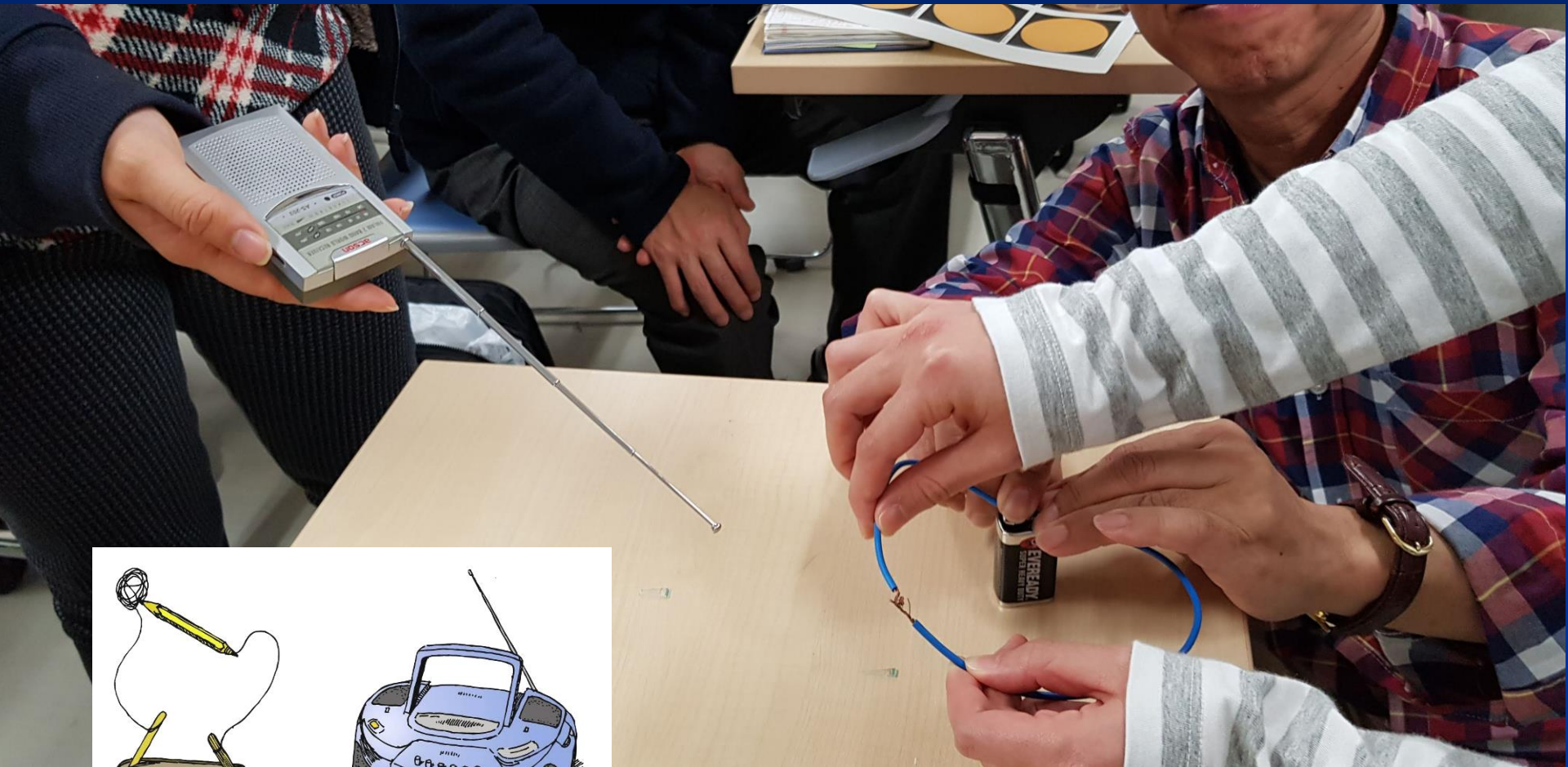


電波の放射

- 波長がサブ・ミリメートルからキロメートルの範囲の電磁放射を電波と呼ぶ。
- 電波は商用の放送に使われている。
- 電波も宇宙から来ており、他の波長で見ることのできない形態を知ることができる。



活動9: 電波を発生させる



紫外線放射

- 紫外線光子は、可視光のエネルギーよりも高いエネルギーを持っています。(植物育成にはUV-Aブラックライトを使用)
- UV-C は、有機分子間の化学結合を破壊します。高線量の紫外線は、生命にとって致命的となる可能性があります。(UV-Cは外科材料の消毒に使用されます)
- UV-C 放射は大気中のオゾンによってフィルタリングされます。大気中のオゾンは、太陽光と O_2 の相互作用によって形成され、ほとんどすべての紫外線をろ過して、生命の発生に必要なものだけを通過させます。



ヨハン リッター

1801年紫外線を発見



紫外線放射

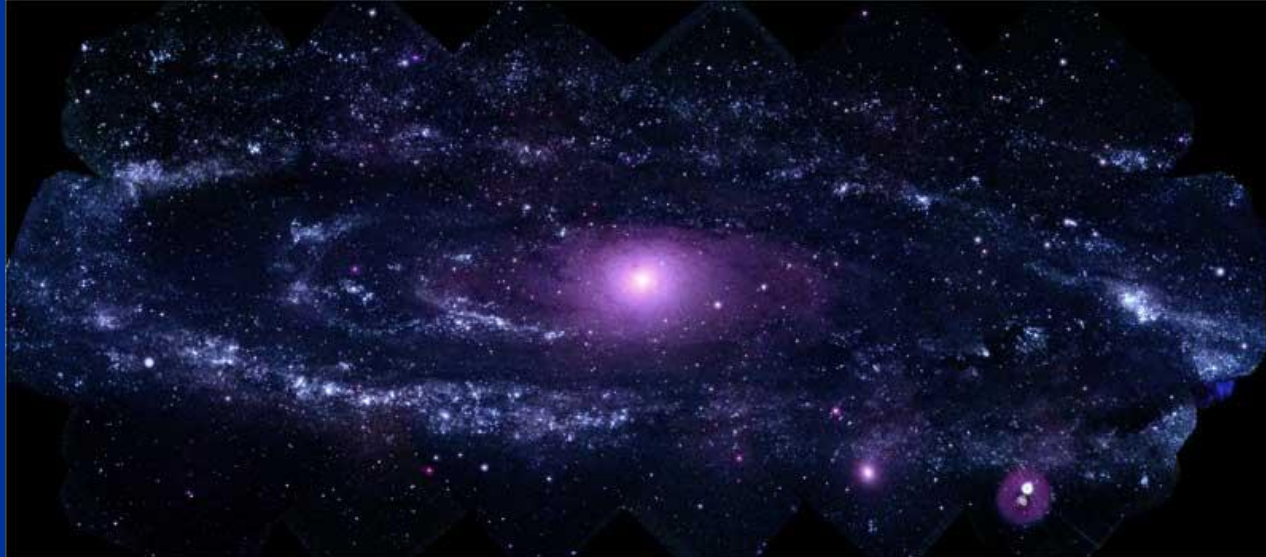
- 太陽は紫外線を放射するが、ほとんどは大気中のオゾン層によって遮られる。地球に届く紫外線の量は生命にとって最適だ。
- 紫外線によって日焼けが起こる。
- もし、オゾン層が薄くなると、地球に高線量の紫外線が届き、ガンになる人が増えるだろう。



紫外線放射



可視光で見た
アンドロメダ銀河
(ハッブル宇宙望遠鏡)



紫外線で見た
アンドロメダ銀河
(スィフト天文衛星)

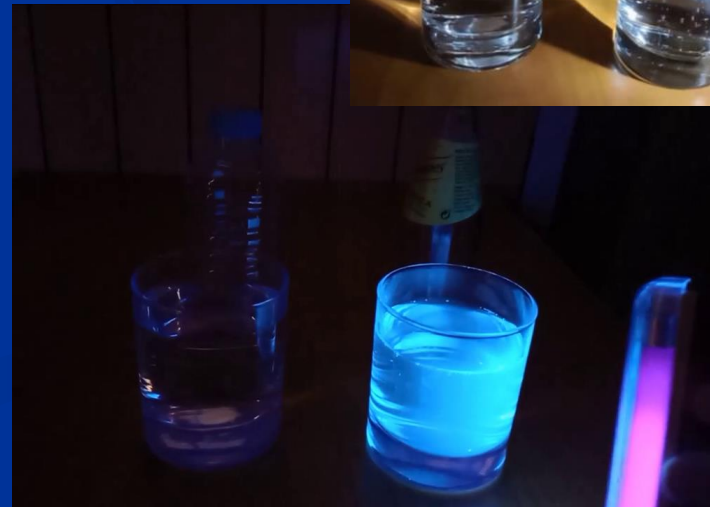
アクティビティ10:ブラックライト(UV)

- 紫外線を当てると発光する物質がある。蛍光性であれば、紫外線を照射している間だけ発光する。

チケットやパスポートのマーク



キニーネを含むトニックウォーター



アクティビティ11:ブラックライト(UV)

- 紫外線を当てると発光する物質がある。
PHOSPHORECENT であれば、しばらくの間、可視光線を発光する。

デコレーションの小さな星

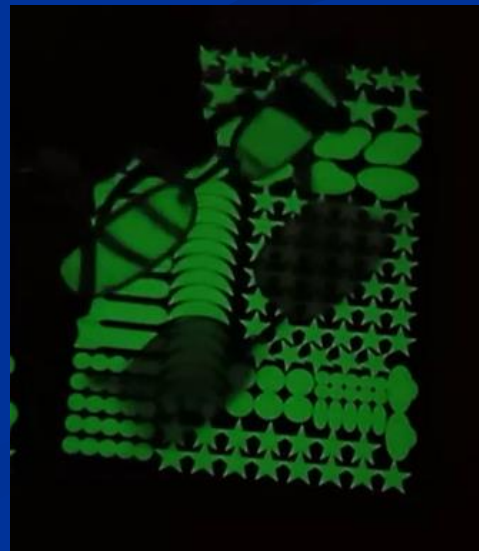
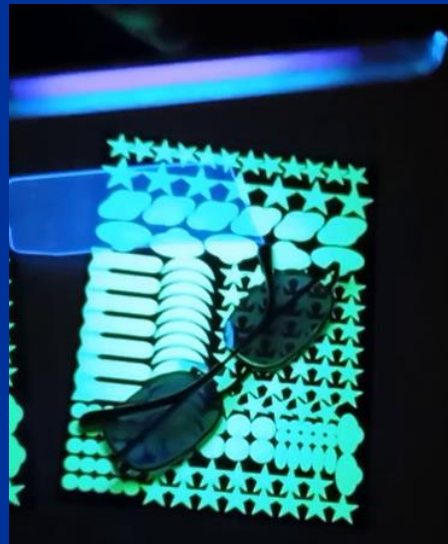
エマージェンシーポスター



アクティビティ12：ブラックライト (UV)

ガラスなど、紫外線を多くカットする素材があります。サングラスは、上皮組織である網膜を保護するために、プラスチックではなくガラス製であるべきです。プラスチック(有機物)製の場合は、UVフィルターが必要です

燐光体上のガラスガラス、UVライト照射



メガネを外すと、紫外線をカットしている様子が見えます



X線

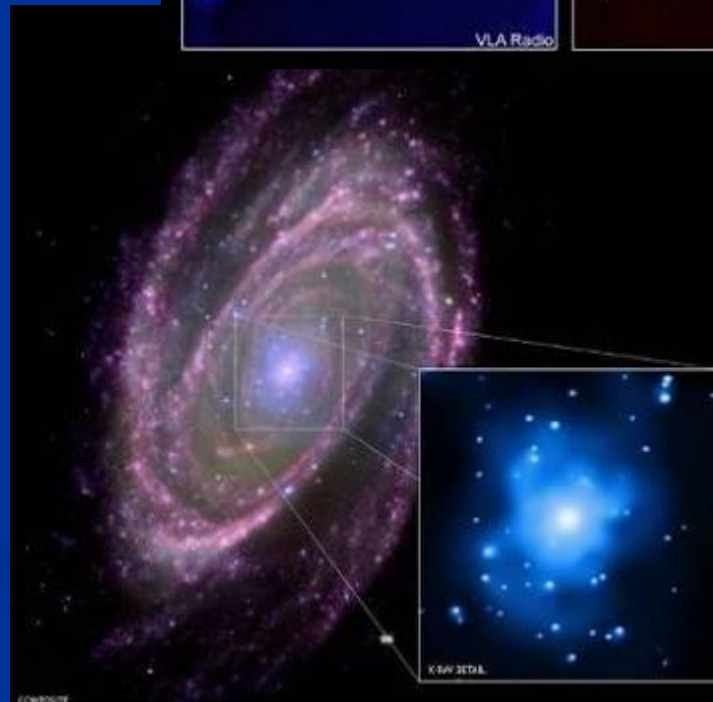
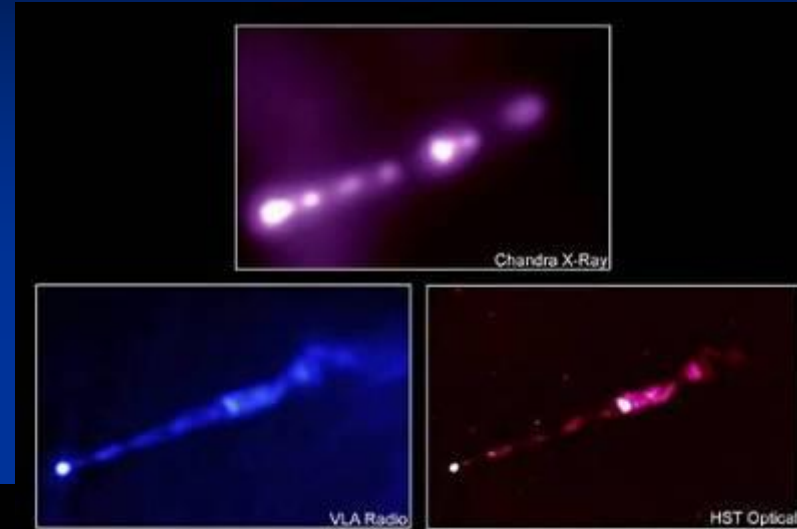
- 紫外線よりエネルギーが高いのがX線である。
- X線は医療の分野で、レントゲンなど使われている。



X線

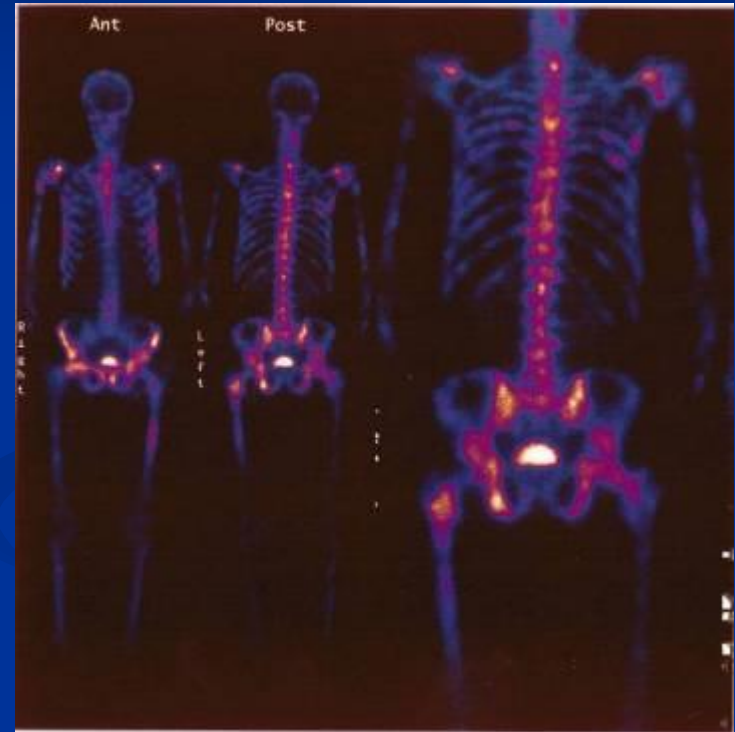
紫外線より高エネルギーのもの

- 宇宙でX線となれば、ブラックホールや衝突現象のような高エネルギー現象や天体と関連づけられる。
- チャンドラX線宇宙望遠鏡の目的は、そのような天体の発見やモニターをすることである。



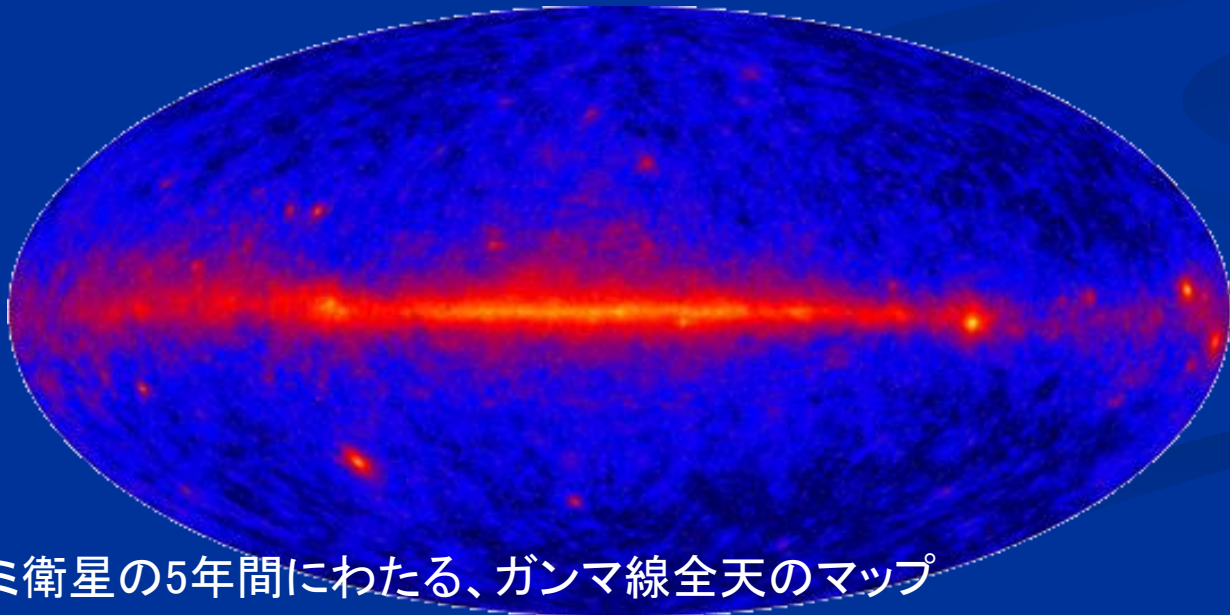
ガンマ線

- ガンマ線は最も高エネルギーの放射である。
- 地球上では、放射性物質からのガンマ線放射が見られる。
- X線とともに、画像診断やがんの治療など、医療に使われている。



ガンマ線

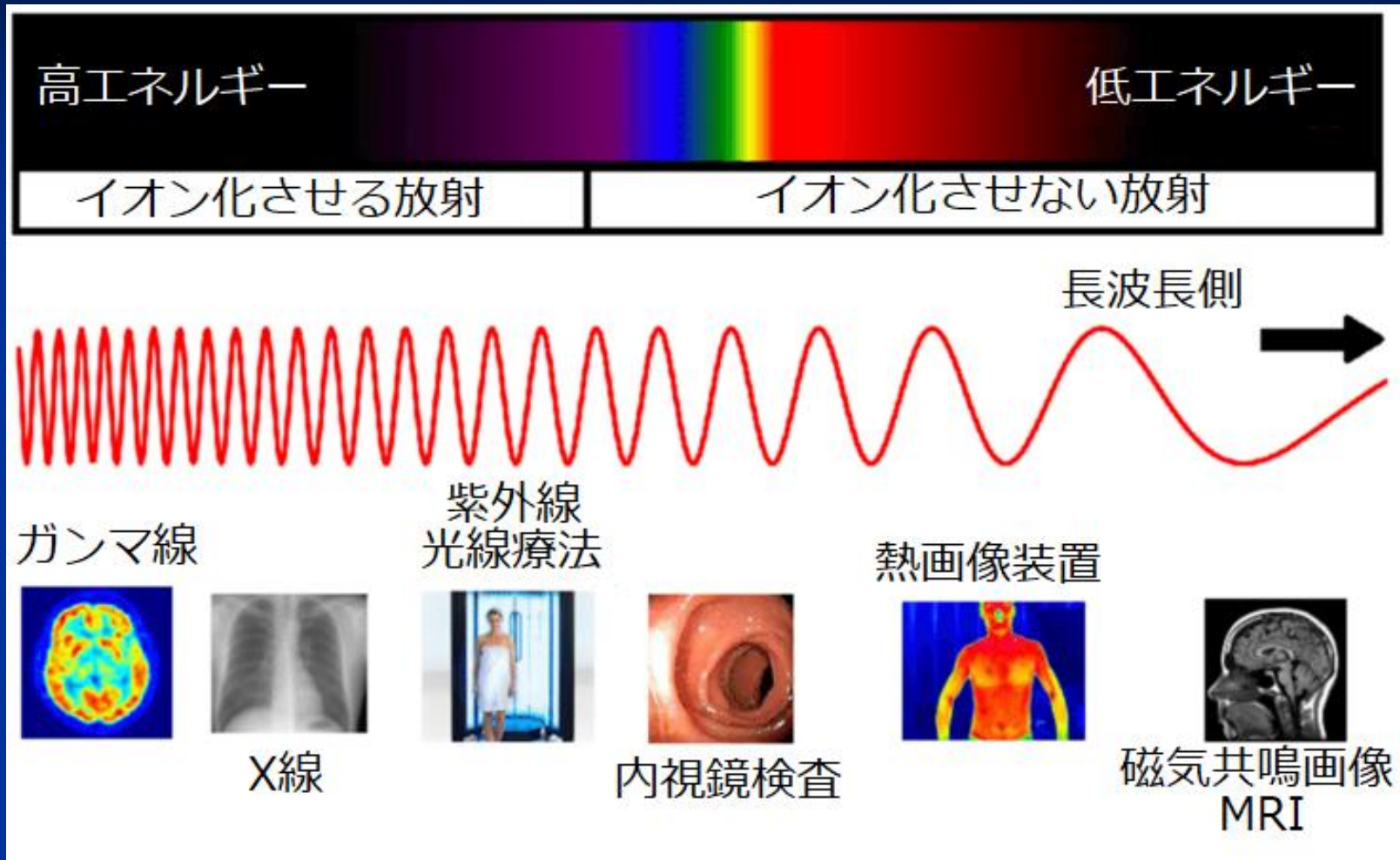
- ガンマ線の激しい突発的放射(ガンマ線バースト)は、珍しいものではない。
- ガンマ線バーストは、秒単位で起こるものと時間単位で起こるものなどいくつかの種類がある。ガンマ線バーストを生成する天体を同定するために、バーストの正確な位置を知る必要がある。
- 連星合体とそれによるブラックホール生成によるものではないかと疑われている。



フェルミ衛星の5年間にわたる、ガンマ線全天のマップ



電磁波の医療応用



電波の利用

核磁気共鳴画像法(MRI)、
軟部組織の診断



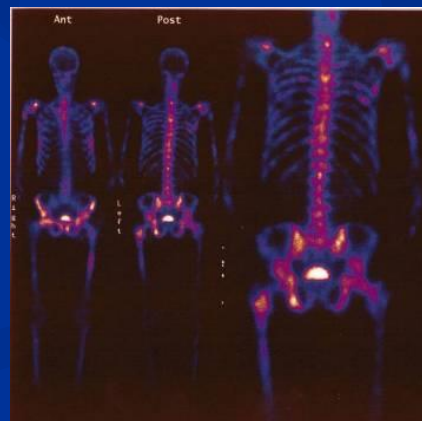
X線の利用

レントゲン写真、
コンピューターX線体軸断層写真
(CAT)



ガンマ線の利用

画像検査、ガンなどの治療、
陽電子放射断層撮影(PET)



ありがとうございました

