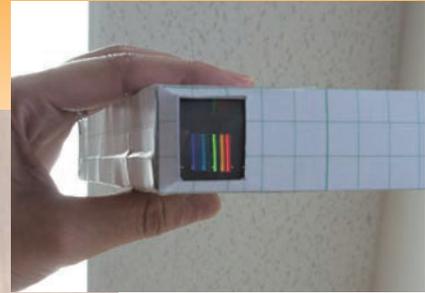


光のスペクトル観測器を作ろう — 簡易分光器 —

本教材は宇宙とのつながりを軸として科学を身近に感じてもらうために作った科学教材です。本教材の利用による事故等については一切責任を持ちかねますので、本教材の利用は、経験のある指導者の指導の下に行ってください。



●教材提供●
宇宙教育指導者向け教材検討 WG
阿部匡伸氏
高橋徹氏

2012年4月1日 発行
2016年10月13日 改訂

目標とねらい

グレーティングシート（回折格子）を使って簡易分光器を作り、いろいろな光を観察します。太陽光や電灯の光などを分光してスペクトルを観察すると、それぞれに特徴があることに気づきます。また、光を波長ごとに分けて観察することは、人工衛星による地球環境の観測や、天体の観測にも利用されていることの学習につながります。

対象学年	小学校低学年以上	所要時間	1～2時間
------	----------	------	-------

1 材料や工具の用意

●工作に使う材料

- グレーティングシート：「レプリカグレーティングシート」「レプリカシート」とも呼ぶ。溝の間隔 $d = 1/500\text{mm}$ のものを使用。ナリカ（旧中村理科工業）で「レプリカグレーティングシート500」の商品名で販売。（カタログ No：D 20-1838、 $152 \times 305\text{mm} \times 2$ 枚）※1人分（分光器1つ分）の大きさは $30\text{mm} \times 25\text{mm}$ 。人数分（作成する分光器の数分）の面積を用意。
- ※ スペクトルをより詳しく見るためには、「レプリカグレーティングシート1000」を使用するとより分解能があがる。
- 工作用紙：普通の工作用紙（裏面が灰色のもの。裏面が黒色のものは、光学実験に一見便利そうだが、

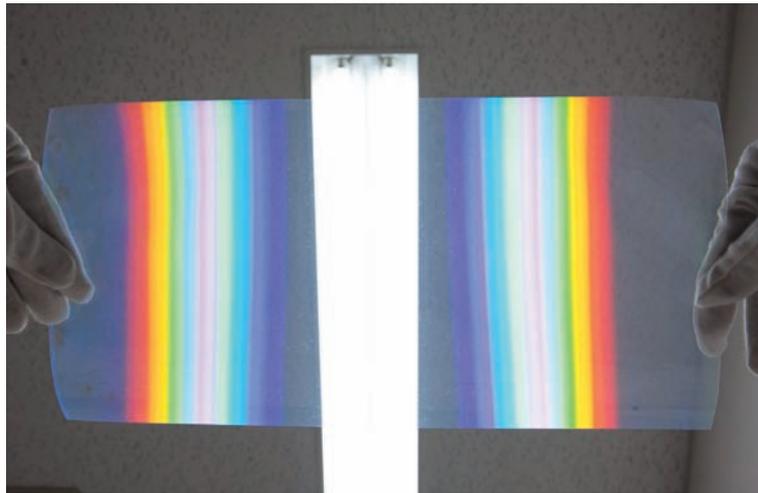
- が、光沢があり、光が反射してしまうので向かない）
- セロハンテープ
- カッターナイフ
- カッターマット
- 定規
- プッシュピン
- 古新聞
- ささまざまな光源：白熱灯、蛍光灯、LEDライトなど。水銀灯や、ナトリウムランプ（低圧、高圧）があるとなお良い。テレビやパソコンのモニター画面なども光源として使用できる。（液晶、ブラウン管、プラズマなど）

2 工作の準備

グレーティングシートを必要な枚数分切り分けします。グレーティングシートは、使用する際の向きが決まっています。工作时にその向きが一目でわかるように、グレーティングシートを長方形に切り分けします。その向きを子どもに調べさせてから子どもに切らせても良いですが、子どもにはそれが難しいようなら、指導者が正しい向きを調べてあらかじめ切り分けておきましょう。手の油がシートについて汚れないように、手袋を使用するのが良いでしょう。シートに傷をつけないように気をつけて作業しましょう。

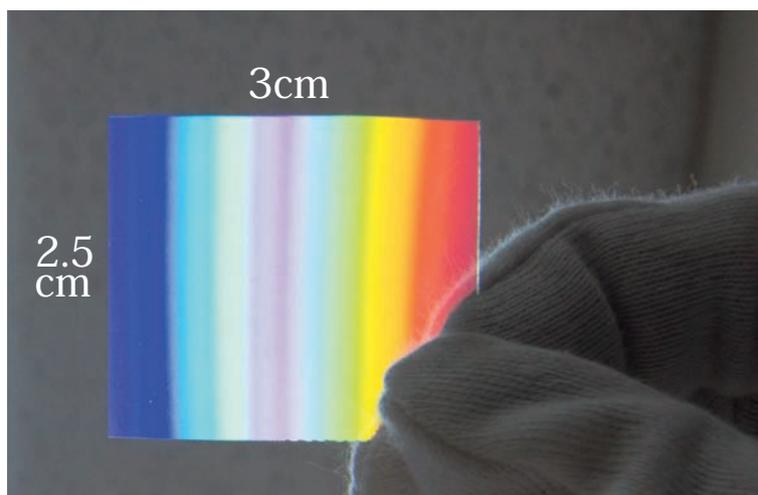
①グレーティングシートの溝の向きを調べる

グレーティングシートは、光をある方向に分光します。そのため、使用する向きが決まっています。写真のように蛍光灯にかざしたときに横に分かれたスペクトルが現れる向きを探します。(スペクトルは左右に2つ出ます)



②グレーティングシートを切り分ける

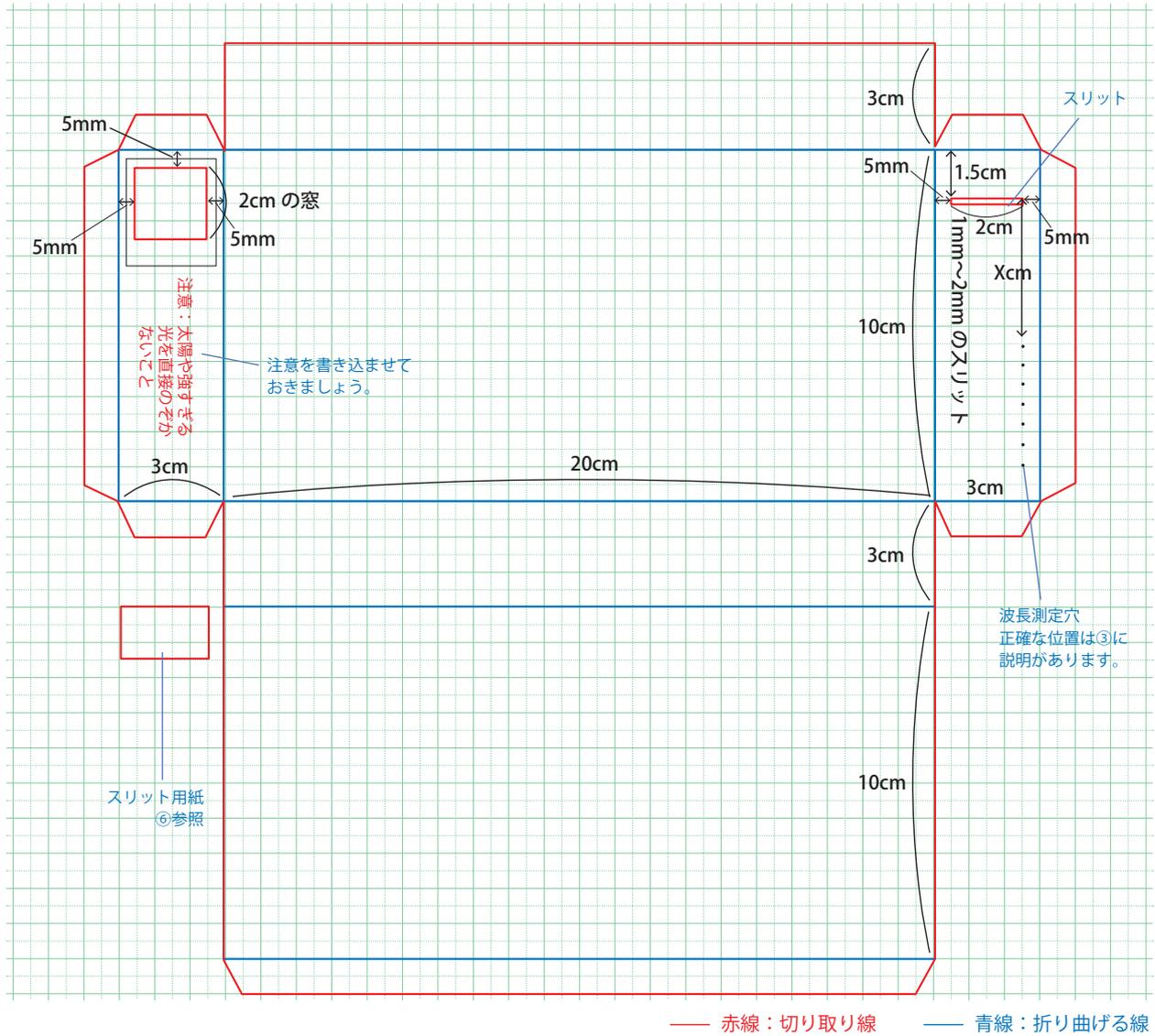
光が横に分光する向きのまま、グレーティングシートを横3cm、縦2.5cmになるように切り分けます。分光器1個につき1枚のシートを使用します。



3 分光器の工作

① 工作用紙に分光器の図面を書き写す

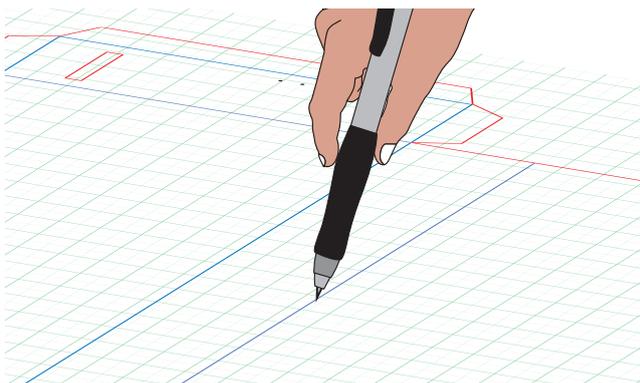
分光器の筐体になる箱を、工作用紙で作ります。下の図面を工作用紙に書き写しましょう。切り取り線と、折り曲げる線は、別の色を使うなどして、区別しておくとう便利です。



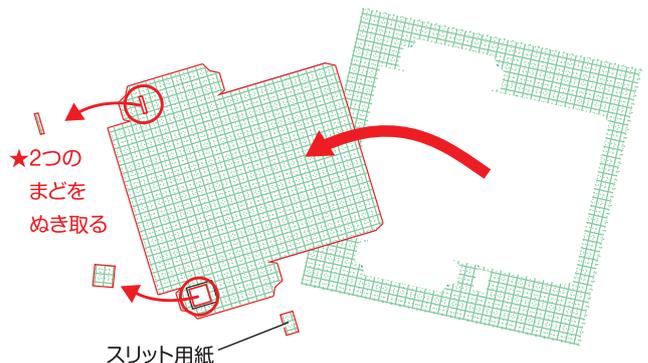
② 折り筋をつけ、切り取る

工作用紙に図面を引き終わったら、折り曲げる線をボールペンでなぞり、後で折り曲げやすいように筋をつけます。あまり強くなぞると折り曲げたときに紙が切れてしまうので、気をつけましょう。

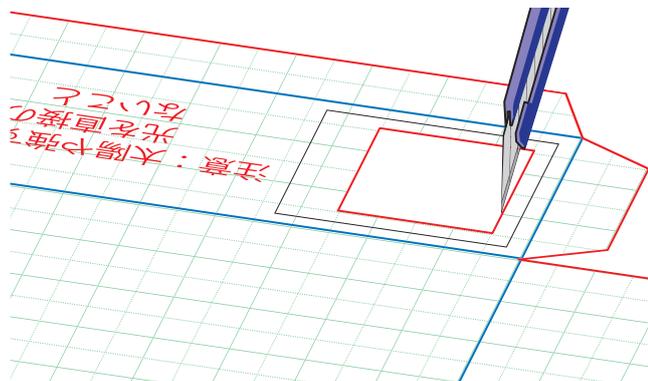
その後、切り取り線に沿って切り取ります。



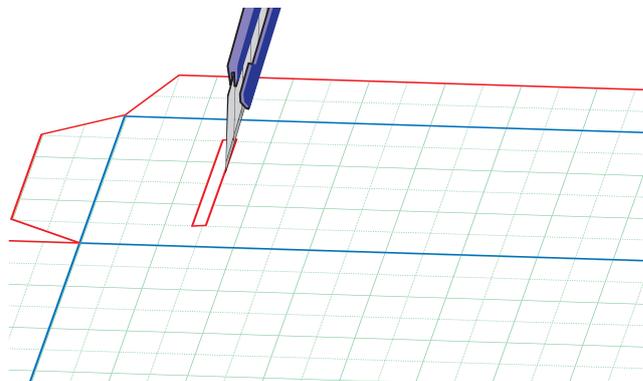
ボールペンでなぞって折り筋をつける。



外枠を切る。スリット用紙も切り取ります。



グレーティングシートを貼る窓を開ける。



スリットは、カッターナイフで切る部分がきれいな直線になるように、丁寧に切り取りましょう。

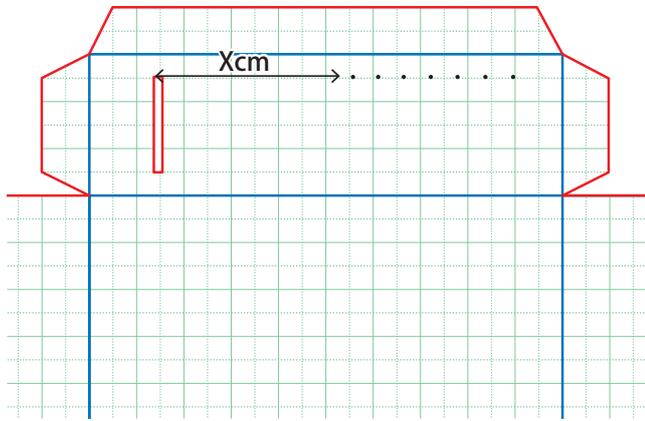
③波長測定穴を開ける

スリットの横に波長を測定するための穴を開けます。右の表の通りに、スリットからの距離を測り、点の印と波長の数値を書き込みます。その後、点の部分に直径 0.5mm 程の穴を開けます。

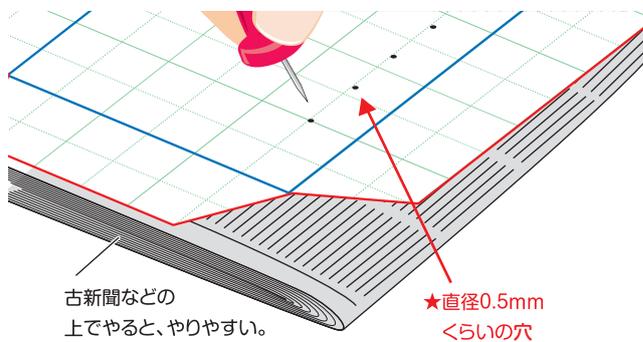
※ この穴はなくても、スペクトルの観察はできます。

※ 表の X (cm) は、回折格子の溝の間隔 d が 1/500mm として、算出しています。実際の d は 1/500mm と多少のずれがあるため、X もずれが生じます。おおよその目安としてください。

波長 λ (μm)	スリットから穴まで X (cm)
0.4	4.1
0.45	4.6
0.5	5.2
0.55	5.7
0.6	6.3
0.65	6.9
0.7	7.5



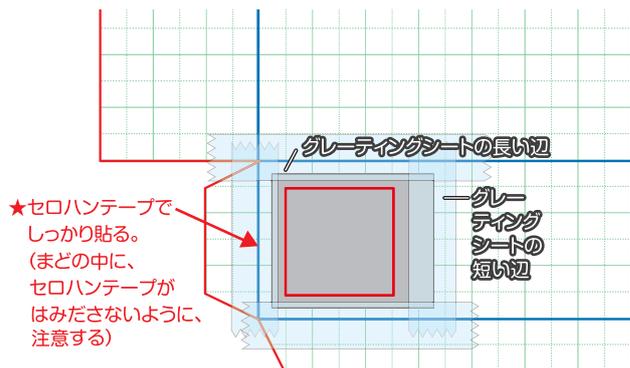
スリットの左端からの距離 X (cm) を測り、点の印をつけ、波長の数値 λ (μm) を書き込みます。



点の印にプッシュピンで穴を開けます。下に新聞紙などをしくと開けやすい。

④グレーティングシートを貼る

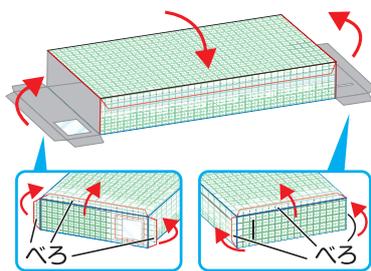
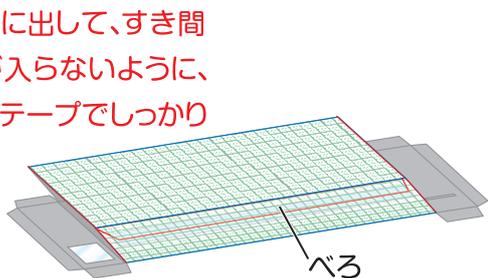
長辺が上下になるように、グレーティングシートを箱の窓にセロハンテープで貼ります。セロハンテープが窓にはみ出さないように気をつけましょう。



⑤分光器の箱の組み立て

分光器の箱を組み立てます。始めに筒をつぶして側面をセロハンテープでしっかりと貼ります。筒状にもどして、つぶさないように気をつけながら、前後のふたを貼ります。スペクトルの観察をする際に光が脇からもれて入らないように、べろは外に出し、セロハンテープでしっかりと止めます。すべてのべろを貼れば、完成です。

★べろを外に出して、すき間から光が入らないように、セロハンテープでしっかりと貼る。



★両側の3つの辺も、べろを外に出して、セロハンテープでしっかりと貼る。

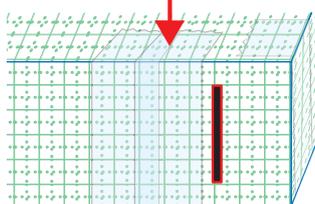
筒を作るときは、つぶしてセロハンテープを貼ると貼りやすい。

前後のふたを閉じてしっかりと貼れば完成です。

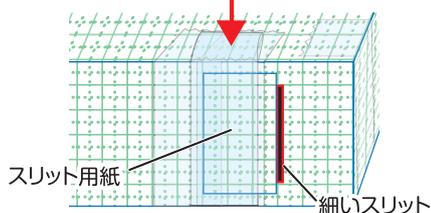
⑥スリット用紙の使い方

スリット用紙は、スリットの幅をさらに細くするために使います。スリットを細かくすると、入ってくる光の量が減ってスペクトルの見え方が暗くなりますが、より細かくスペクトルの様子を観察することができます。

2枚のセロハンテープを少し重ねて貼る。



はしを折り返しておくと、あとで貼り直しやすい。



あらかじめ箱にセロハンテープを貼っておき、スリット用紙に貼るセロハンテープも端を折り曲げておくと、何度も貼ったり剥がしたりすることができ、便利です。

4 分光器を使って空（太陽光）や電灯の光を調べよう

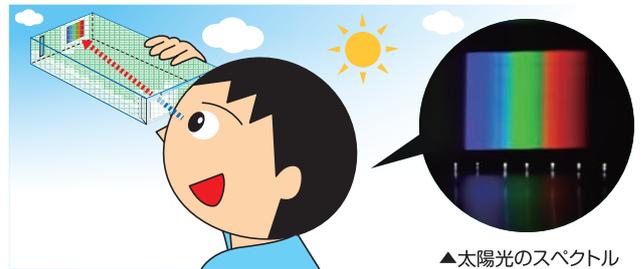
分光器を使って、いろいろな光のスペクトルを見てみましょう。光源によって、スペクトルの見え方はさまざまです。太陽光や身の回りの電灯、色がついたものなども見て、その違いを探りましょう。

注意 分光器を太陽や強すぎる光源に向けて、のぞかせないように注意してください。目を傷める恐れがあります。

①空（太陽光）の観察の仕方

空（太陽光）のスペクトルを観察するときは、スリットを直接太陽に向けるのではなく、太陽がない方向の空にスリットを向けます。グレーティングシートを貼った窓から分光器をのぞくと、スリットの右のほうに、空の空気に散乱された太陽の光が、虹のように分かれて見えます。

くもりや雨の日でも、観察することができます。



※くもっていても、観察できます

②電灯の光の観察の仕方

電灯の光を見るときは、スリットを電灯に向けて見ます。太陽光のときと同じように、グレーティングシートからのぞくと、電灯のスペクトルが見えます。電灯が明るすぎるときは、電灯の光を当てた白い紙に、スリットを向けて観察します。



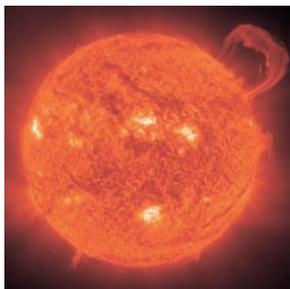
★直接光源に向ける



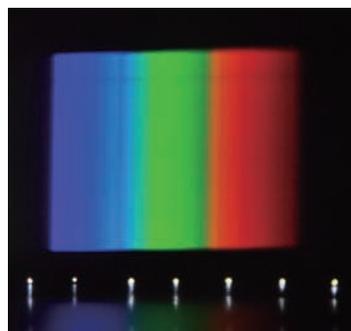
★光源が明るすぎるときは、白い紙に光を当てて見る

③いろいろな光源を観察してみよう

●太陽光

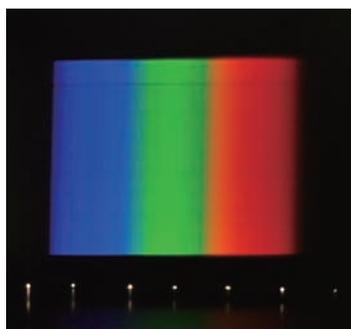


©SOHO (ESA&NASA)

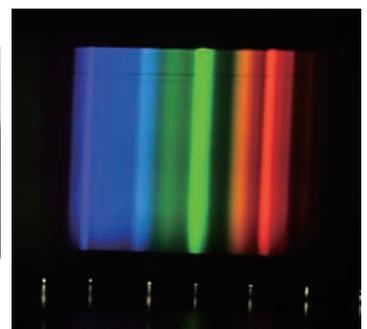


太陽光を分光すると、虹と同じように紫、青、緑、黄、橙、赤などの色が見えます。これらの色はくっきりと分かれて見えるのではなく、色が連続して変わっています。細かく観察すると、数箇所暗い部分（吸収線）が見られます。

●白熱灯



●蛍光灯

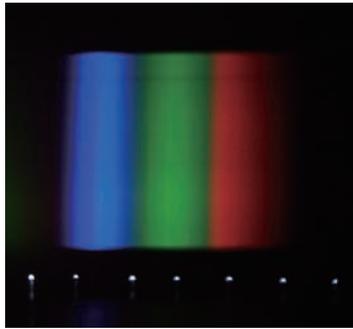


太陽光と同じように、全ての色が連続して変わっています。数箇所、明るく輝く光（輝線）があります。

● LED ライト



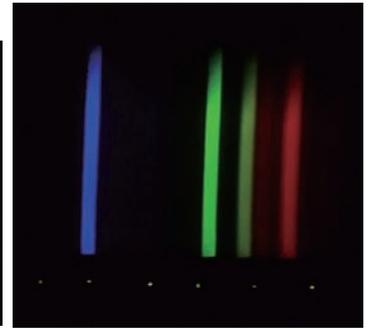
全体に光はあるが、所々が暗くなっています。



● 街灯

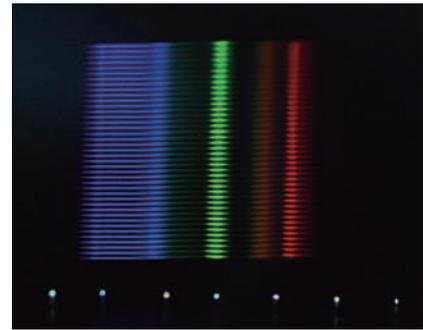


街灯には、白く見える光やオレンジに見える光があり、それぞれのスペクトルに特徴があります。



● テレビ画面

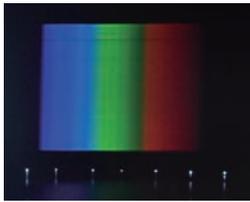
青、緑、赤に分かれて見えます。液晶やブラウン管などの違いも見てみましょう。



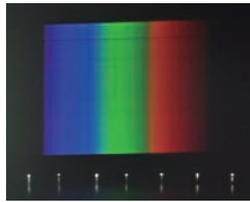
● 色紙



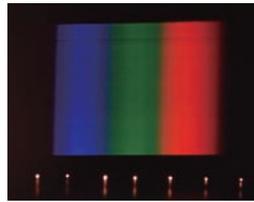
青



緑



赤



単色のスペクトルにはならないが、色紙それぞれの色の光が強くなります。

※そのほか、身の回りのいろいろな物や、植物の葉やホタルの光など自然界のものなども、観察してみましょう。

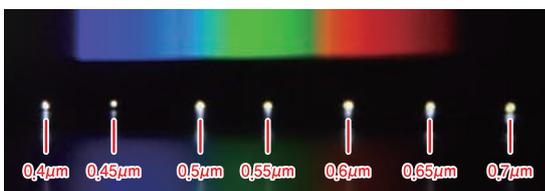
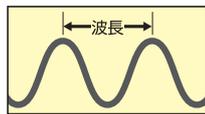
④ 光の波長を調べよう

分光器をのぞいて、スペクトルの下に見えている穴と見比べると、光の波長を知ることができます。

◆ 光は波の性質を持っている。

波の山から山までの長さを波長といいます。

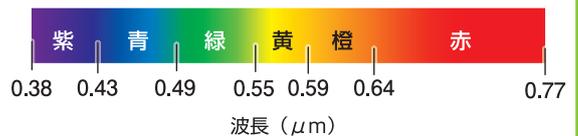
例えば、 $0.45\mu\text{m}$ の光は青に、 $0.65\mu\text{m}$ の光は赤に見えます。($1\mu\text{m}$ は1000分の1mm)



▲ 分光器の中に見えるスペクトルと穴

◆ 光は、波長で色がちがって見えます。

(色の見え方には個人差があります)



(出典：国立天文台編「理科年表 平成24年」)

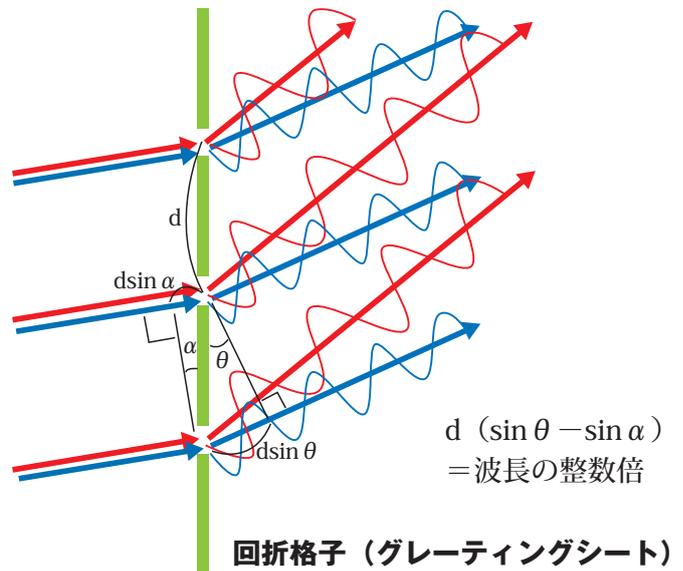
5 分光のしくみ

ここでは、グレーティングシートを用いた分光のしくみを解説します。子どもたちには、理解度に合わせて説明をしてください。

①グレーティングシートのしくみ

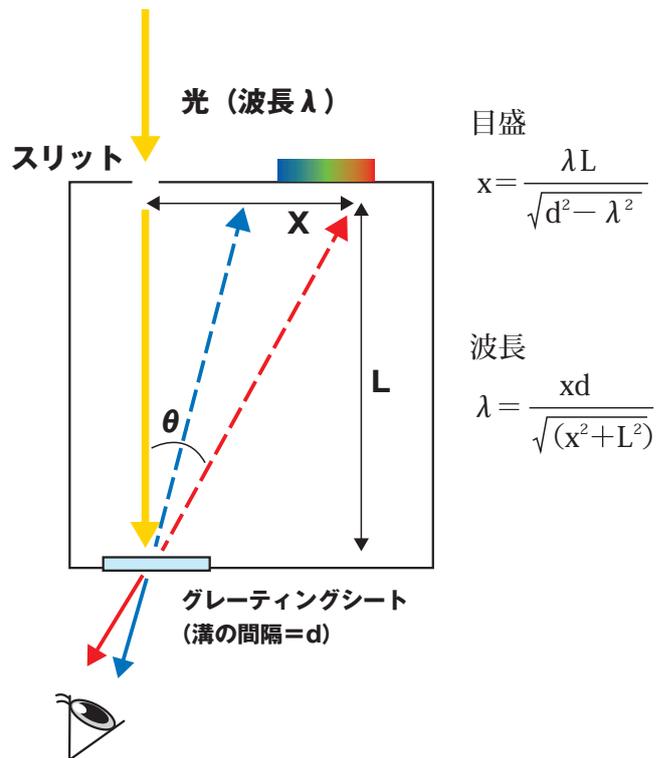
この実験で使用しているグレーティングシート（回折格子）は、見た目にはわかりませんが、たくさんの溝が刻まれています。この溝と溝の間を光が通るとき、光は回折をして、同じ波長の光どうしが干渉し合い、光が明るい部分と暗い部分を作ります。干渉で光が明るく見える角度は、光の波長によって異なるため、太陽光などに含まれたさまざまな波長の光が通ると、虹やプリズムを通った光のように、光は色ごとに、分かれて見えるのです。

グレーティングシートの溝の間隔を d 、グレーティングシートに入る光の入射角を α 、回折した光が強め合う角度を θ とすると、 $d(\sin\theta - \sin\alpha)$ は光の波長の整数倍になります。



②分光器のしくみ

分光器前面のスリットを通った光は、後面のグレーティングシートを通り、光の色ごと（波長ごと）にちがった角度で強め合います。それを目で見ると、あたかも分光器の奥の壁にスペクトルが投影されているように見えるのです。グレーティングシートの溝の間隔を d 、波長 λ の光が投影されているように見えている場所とスリットの距離を X 、グレーティングシートからスリットまでの距離（＝分光器の箱の奥行き）を L とすると、 d 、 λ 、 X 、 L は、右の式を作ります。この式から、「3-③波長測定穴を開ける」で紹介した、スリットから穴までの距離 X が求められます。

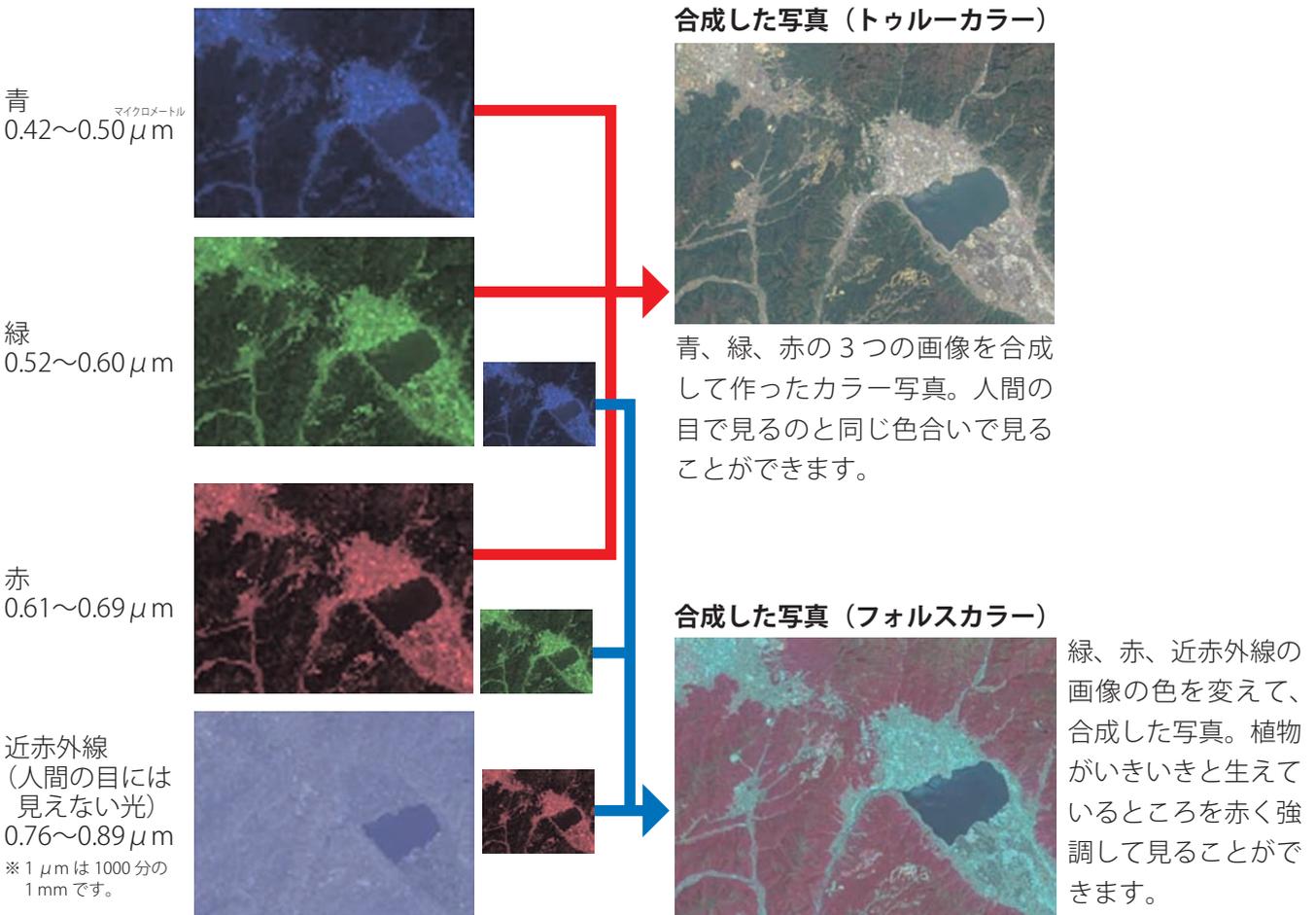


6 地球観測衛星と光の波長

地球観測衛星は目的に合わせた波長（色）の光で地球を観測しています。陸域観測技術衛星「だいち」と、温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」の例を、見てみましょう。

①陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)

平成 18 年 1 月に打ち上げられ、平成 23 年 5 月に運用を終了した、陸域観測技術衛星「だいち」は、世界各地の陸地の画像を撮影し、地球の美しい姿や、自然災害による爪あとなどを、私たちに見せてくれました。「だいち」には、青、緑、赤、近赤外線（人間の目には見えない光）の波長を観測する装置「アプニール 2」が使用されていました。これらの波長で撮影した画像を合成して、目的に合った画像を作成しています。



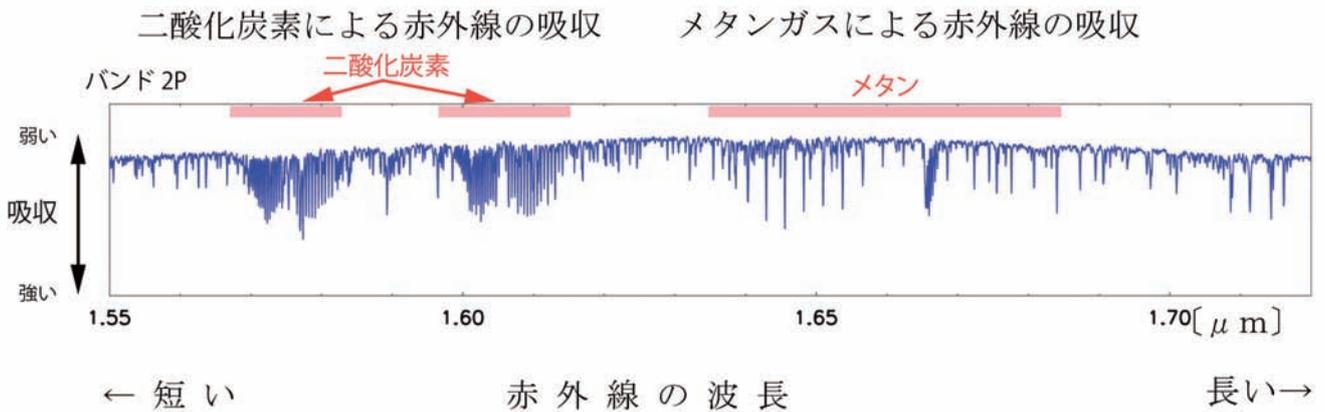
②温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)

平成 21 年 1 月に打ち上げられた温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」は、二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガスの濃度分布を、軌道上から詳細に観測しています。

二酸化炭素やメタンなどのガスは、決まった波長の赤外線を吸収します。この赤外線を観測することで、温室効果ガスの濃度を知ることができるのです。



「いぶき」の観測から得られた波長ごとの赤外線の強さ

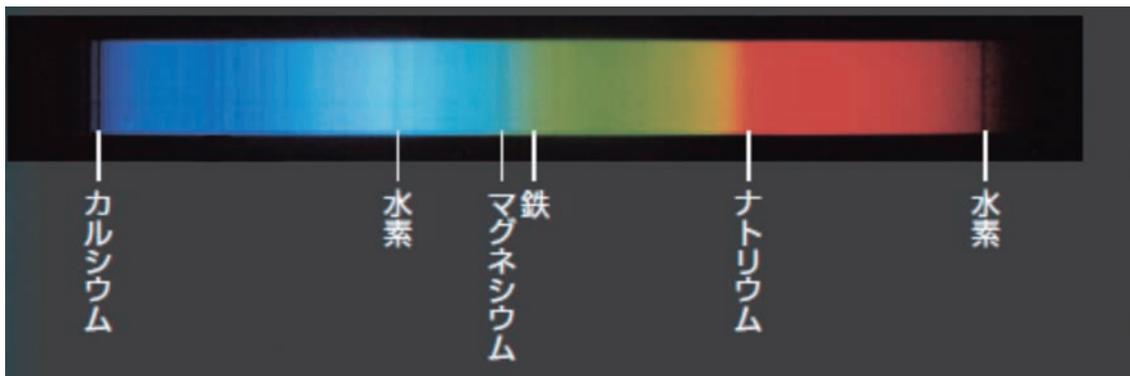


7 分光と天体観測

光を色で分けて観測するのは、地球だけではありません。天体の観測にも、分光が使われています。分光することで、天体のいろいろなことがわかります。

①星の物質がわかる

恒星をとりまいているガスは、その物質の種類で、決まった色の光を吸収します。そのため、恒星の光を分光して、光が吸収されている色（吸収線）を調べれば、その星の表面に存在している元素がわかります。

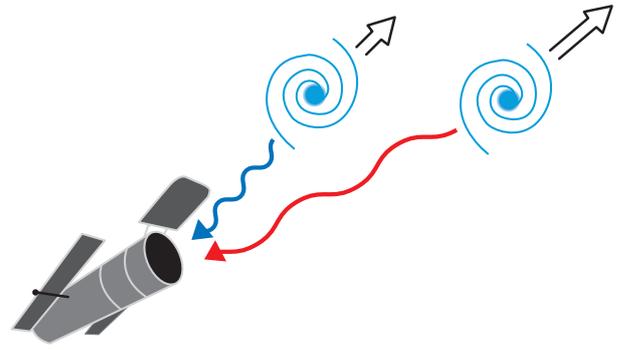


© 国立天文台岡山天体物理観測所

③ 銀河が遠ざかる速さや距離がわかる

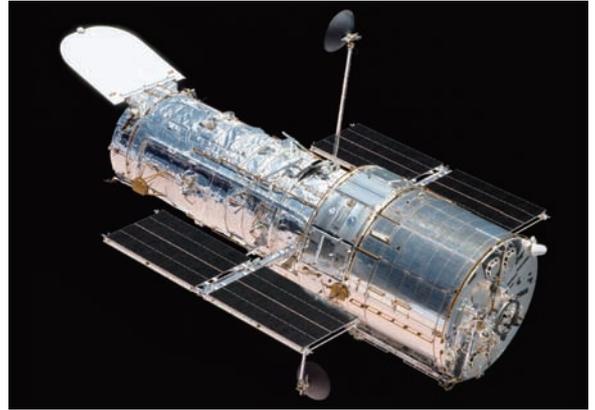
宇宙はどんどん広がっているため、遠くの銀河ほど、速い速度で地球から遠ざかっています。遠ざかる音源から出る音は、ドップラー効果で波長が長くなり、低い音に聞こえます。これと同じように、遠ざかる天体の光は、波長が長くなり、赤いほうに色がずれ、これを「赤方偏移」と呼びます。

そのため、天体の光の色をくわしく調べると、天体が遠ざかる速度や天体までの距離がわかります。

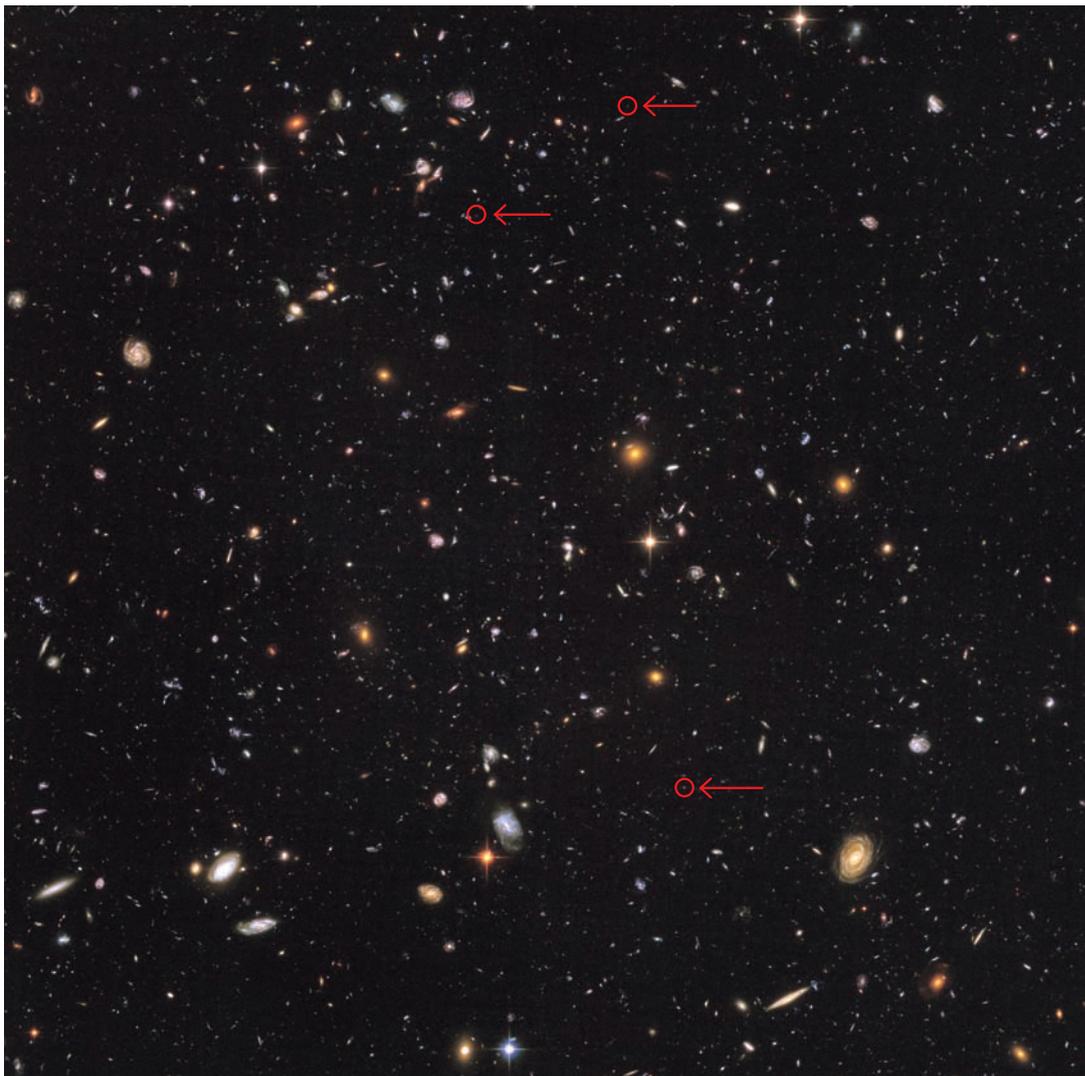


ハubble宇宙望遠鏡

© NASA



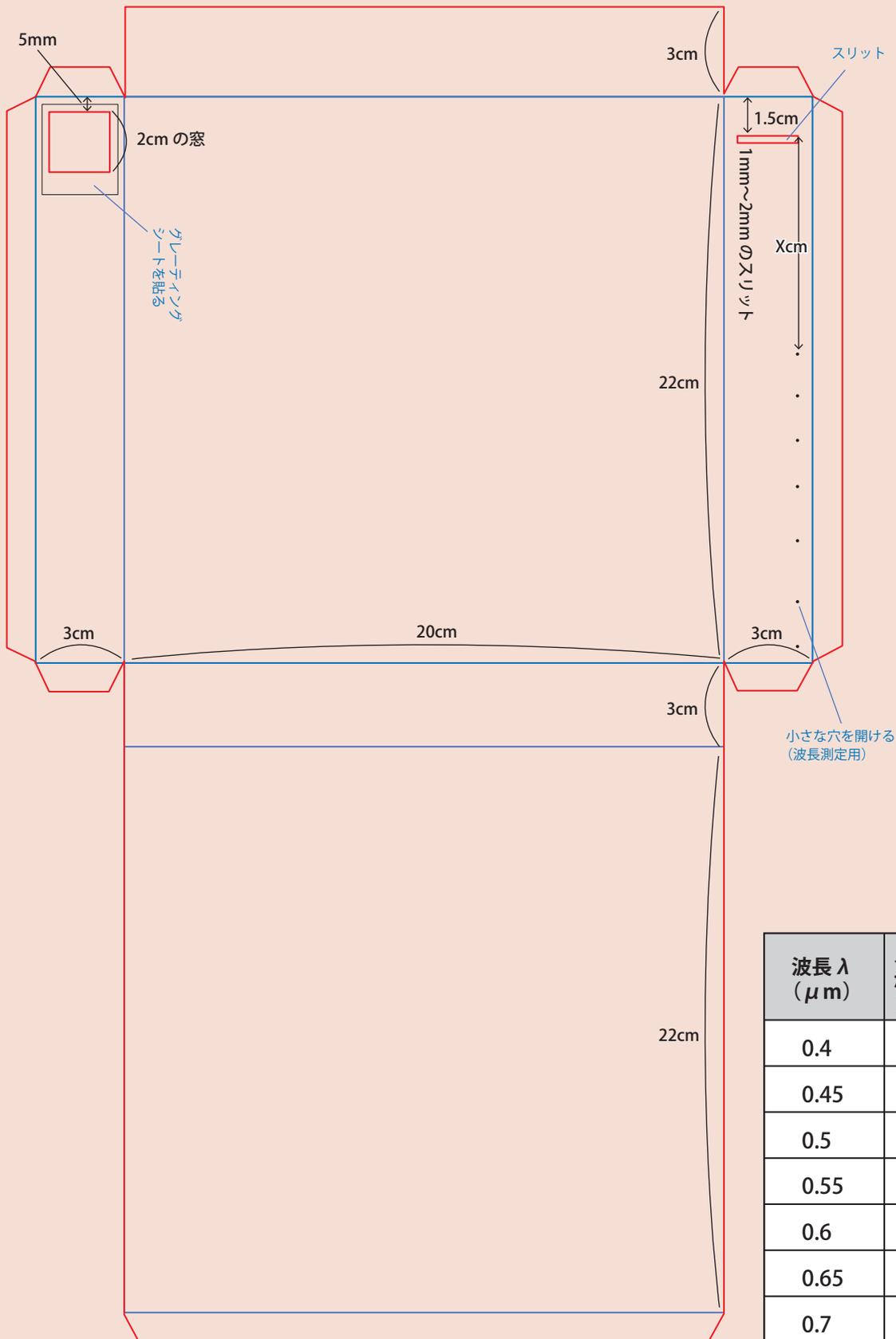
↓ハubble宇宙望遠鏡が撮影した、120億光年以上はなれた銀河。(赤い点のように見えている。矢印の先の点はそのうちの3つ。)



©NASA, ESA, R. Bouwens and G. Illingworth (University of California, Santa Cruz)

参考 スペクトルをより詳しく見るために

グレーティングシートの溝の間隔 $d = 1/1000 \text{ mm}$ のものを使用すると、より分解能があがります。



科学する心を
育てよう

- ①分光器を使って、どのようなものを見ると、違いなどを発見できるでしょうか。みんなで分光器で見たら面白そうなものをあげて、実際に見てみましょう。
- ②回折格子以外に、身の回りに分光をするものはあるでしょうか？身の回りの分光をするもの、理科室や実験室にある分光をするもの、自然界で分光をするものなどを考えてあげてみましょう。また、それらがなぜ分光をするのか、そのメカニズムをみんなで考えてみましょう。シャボン玉を使って虹の見え方が変わる様子を観察したり、水と鏡を使って、虹ができる角度を調べてみたりするのもよいでしょう。
- ③分光器で見ることができるスペクトルは、目で見える光（可視光）のみです。では、可視光のスペクトルの外側には、何があるのでしょうか？まずは、子どもたちが知っているものをあげてみましょう。さらにさまざまな電磁波の種類を紹介し、どのようなものにそれが利用されているのかを、みんなで考えてみましょう。

安全対策

- ①太陽光を直接見たり、分光器を使って見たりすると、目を傷める恐れがあります。太陽を見ないように気をつけることを、十分に指導してください。
- ②カッターナイフを使う作業があります。安全管理 1-1 ページからの「刃物や工具の使い方」を良く理解させ、けがに気をつけて作業させましょう。
- ③プッシュピンを使う作業があります。作業には十分に気をつけさせましょう。また、作業をしないときに、机の上やイスの上、床などにプッシュピンが転がっていないように、作業中の仮置き場所を設け、安全管理 1-1 ページからの「刃物や工具の使い方」にある目打ちや千枚通しなどと同様の扱いをするようにしましょう。
- ④電灯の中には、高温になるものもあります。指導者は、観察に用いる光源が熱くなるかどうかをあらかじめ調べておきましょう。点灯中や消灯したばかりの電球、およびその周りには触れないように、指導してください。
- ⑤子ども達が帰宅後、夜間に分光器を使って街灯を見ることが考えられます。夜間の観察をするときは、必ず大人の人と出かけることと、決して危ない場所（車道や自転車が通るような場所）に出て観察をすることのないように、指導してください。また、人の迷惑にならないように気をつけることも指導しましょう。昼夜を問わず、分光器をのぞいたまま歩いたりしないように注意しましょう。

学習指導要領
との関連

小学校	3年	理科（エネルギー）	光の性質
中学校	1年	理科（エネルギー）	光と音
中学校	3年	理科（地球）	太陽の様子、惑星と恒星

キーワード

分光、分光器、スペクトル、虹、可視光線、電磁波、波長、周波数、グレーティングシート、回折格子、レプリカフィルム、分光観測

教材提供 : 宇宙教育指導者向け教材検討 WG
発行 : 宇宙航空研究開発機構 宇宙教育センター

協力 : 財団法人日本宇宙少年団 YAC 財団法人日本宇宙フォーラム
©JAXA2012 無断転載を禁じます