NSL 講座（１日目）参加レポート

３年Ａ組　浪江智子

１．概要

2009 年 8 月 25 日(火)、NSL 講座「宇宙への誘い」（講師：奈良女子大学附属中等教育学校教論　米田隆恒先生）に参加し、宇宙について学んだので、以下に報告する。

講義：宇宙に存在している銀河の種類や宇宙の距離の単位を学んだ。また、ハッブルの法則や相対論から宇宙の膨張と宇宙の年齢の関係性を理解した。さらに、光の性質や光の発生の仕組み、スペクトルの種類を学んだ。そして、吸収スペクトルを読み取ることでその光を発する天体に含まれる元素、星の進化段階、星の温度などを知ることができることが分かった。

工作：星のスペクトルを見ることのできるプリズムを内蔵したものを分光器という。今回は誰にでも作れる簡易分光器を作った。

キーワード　ハッブルの法則、プリズム、電磁波、スペクトル

２．講義

（１）宇宙の概要

まず、宇宙の構成について説明を受けた。

■銀河系

夜空を見るとたくさんの天体が見える。このうち、太陽のように核融合をして自ら光る天体を「恒星」という。また、この恒星が集合してできたものを「銀河」という。「星雲」とは、星間ガスの集まりのことを指す。特に、太陽系が所属する銀河を「銀河系」あるいは「天の川銀河」と呼ぶ。銀河には「渦巻型銀河」と「棒渦巻型銀河」の２種類がある。

■距離の単位

・地球の距離：6357 キロメートル
・太陽の半径：696000＝地球の９個分
・1 天文単位（地球と太陽の距離）：1 億 5 千万キロメートル＝太陽 108 個分
・1 光年：9.46×10^{12} キロメートル＝6 万 3 千天文単位
・1pc（パーセク）：3.26 光年
・光の速さ：30 万 km/s（地球 1 周 4 万 km）

次に、宇宙の膨張と宇宙の年齢について説明があった。

■ハッブルの法則

ハッブル(Edwin Hubble, 1889－1953)は 1929 年、天体スペクトルの赤方変位と天体までの距離を観測した結果、遠い天体ほど地球から速く遠ざかっており、速さが距離に比例するというハッブルの法則を発表した。相対論によれば、光速より速いものではない。しかし、ハッブルの法則で、速さが距離に比例すると、いつか光速を超えてしまうのでないだろうか。しかし、宇宙

がどこも一定の割合で膨張しているとすると、地球Eに対する天体Aの速さと、天体Aに対して、天体Bは天体Aの２倍の速さで地球の速さで地球から遠ざかっているように見えるのである。

これがハッブルの法則の意味である。宇宙は一定の速さで膨張している。

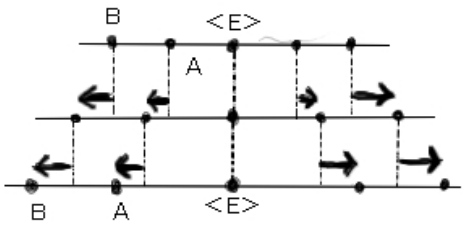

図１　ハッブルの法則

地球から遠い星ほど地球から速く遠ざかる。時間を逆戻しすると、全ての天体は地球に向かって集まる。だから、地球は宇宙の中心といえるだろうか。そんなことはない。下の図２は、宇宙が２倍に膨張した場合を模式的に表したものである。天体Aから見ても、天体Bから見ても、違いは天体程速く遠ざかっているように見えるのである。

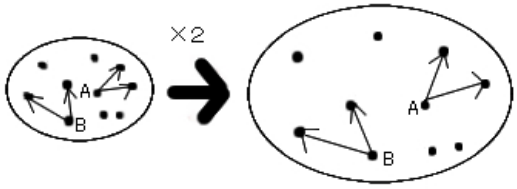

図２　宇宙が２倍に膨張した場合

■宇宙の大きさ

宇宙の広がりは速くなったり遅くなったりする（宇宙の膨張は一定の速さではない）。

宇宙はどのようにできたのかを説明する理論のひとつに有名な「ビッグバン説」がある。ビックバン以前の宇宙については、次の２つの説がある。

① ビッグバンの前は「無」であった。

② ビッグバンの前にも宇宙はあり、点になる少し前にまた膨張した（こちらが有力な説である）。

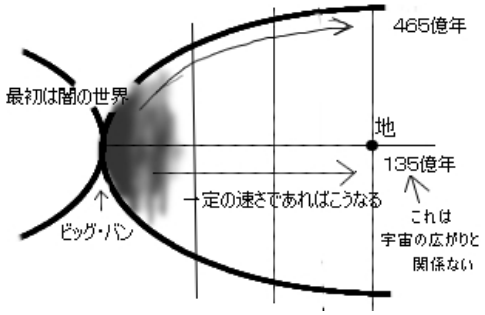

図３　ビックバンと宇宙の膨張

（２）光の性質

光は真空中に伝わる波である。また、水面などの波は水の振動が伝わり、音は空気などの振動が伝わる波である。プリズムは「赤橙黄緑青藍紫（せきとうおうりょくせいらんし）」という色を分けることができる。

図４　赤橙黄緑青藍紫

（３）光の発生の仕組みとスペクトルの種類

■スペクトル

成分と各成分の強度を示したものを「スペクトル」という。また、光のスペクトルとは光をプリズムで分けたもののことであり、どの波長の光がどのような強度で混ざっているかを示す。光のスペクトルには、

光の発生の仕方の違いにより、連続スペクトルと線スペクトルに分類される。

■連続スペクトル

原子や分子が振動すると電磁波を出す。物質を構成する粒子は、温度が高いほど激しく震動する。1000℃だとすると、その物質中には、ゆっくり振動する（波長の長い電磁波を出す）ものもあれば、激しく震動する（波長の短い電磁波も出す）ものもあるので、結果として、長い波長から短い波長までの連続した波長の電磁波を出すことになる。このような場合、スペクトルを見ると波長が連続しているので「連続スペクトル」という。

■線スペクトル

原子一つに注目すると、原子核の周りを電子が回っている。この電子の通り道を「電子の軌道」という。電子は原子核に近い程位置エネルギーが小さく、電子が原子核から遠い軌道から、原子核に近い軌道に移動（「遷移」という）すると、そのエネルギーの差に相当する電磁波を出す。原子の種類によって軌道は決まっているので、電子の遷移によって出る電磁波のエネルギーにしたがって波長は特定の値を持つ。スペクトルを見ると特定の波長の部分が線上に光るので「線スペクトル」という。水素原子の場合は、バルマーが発見した「バルマー系列」であり、これは可視光領域の光である。

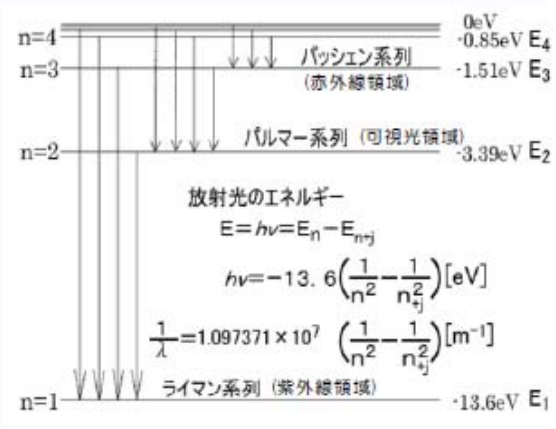

図５　線スペクトル

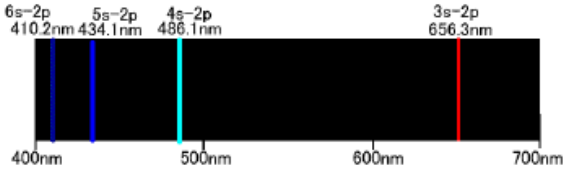

図６　水素原子の電子の遷移による線スペクトル

■吸収スペクトル

高温の星からは、連続スペクトルが出でいる。その星の表面に存在する低温ガス中の原子は、その原子の線スペクトルに相当する光を吸収してしまう。地球から見ると、連続スペクトルの中に星の表面の低温ガスが吸収した部分が黒い線として見える。この黒い線を「吸収スペクトル」という。

（４）星のスペクトルからわかること

■星の温度を知る

下図７のグラフは、天体の連続スペクトルと、表面温度の関係を示す各グラフの頂点、つまり最大強度部分の波長λ(m)と物体の表面温度T(K)は反比例している。この関係を「ヴィーンの変位則」といい、観測値λから表面温度を求めることができる。

$$T = \frac{2.90 \times 10^{-3}}{\lambda}$$

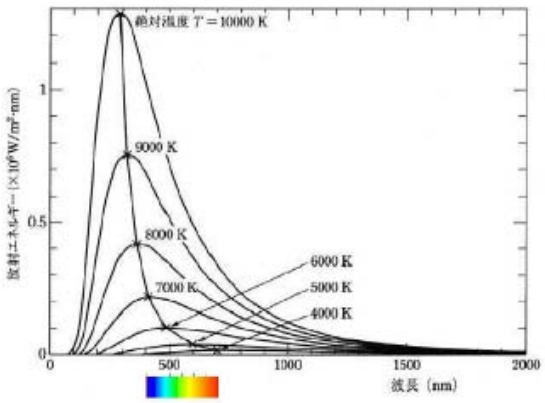

図７　ヴィーンの変位則

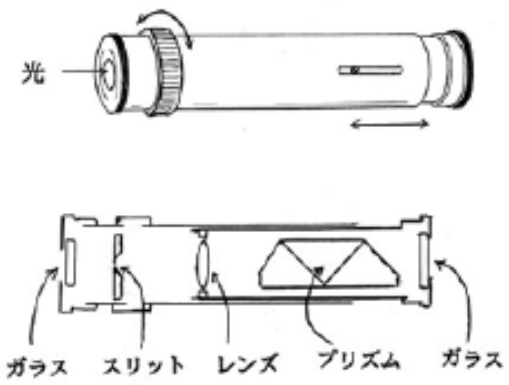

図８　直視分光器とその構造

■星の構造元素を知る

吸収スペクトルを調べれば、星に含まれる原子を知ることができる。

■星の進化と元素の合成

ビッグバンにより、宇宙は光で満たされた。このとき電子や陽子はまだ宇宙に存在しない。ビッグバンと共に宇宙は膨張し、膨張につれて温度が下がると高エネルギーの光子(光の粒子)は電子と陽電子、陽子と反陽子など、素粒子とその反物質を作り出した。

２．星のスペクトルを見る方法

■分光器

光のスペクトルをつくるには、ただ単に、光をプリズムに通せばよい。プリズムを内蔵したものを「分光器」という。望遠鏡の接眼レンズの部分にこれを取り付ければ、天体のスペクトルを見ることができる。

■プリズム

プリズムは、ガラスの屈折率が、光の波長によって異なることを利用するものである。青は、赤よりも屈折率が大きいので、よりたくさん屈折する。

■回折格子

CD の表面に光を当てると虹が見える。CD 表面の無数の溝が光を反射するときに回折・干渉によって、色ごとに反射あるいは透過する角度が異なるためである。この溝の集まりを「回折格子」という。

■簡易分光器の製作

回折格子を用いると簡単に分光器を作ることができ、波長を計算することができる。

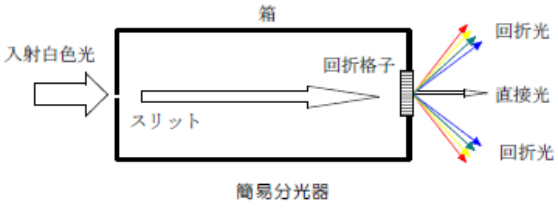

図９　簡易分光器

３．この講義を受けて

私は今まで宇宙はただ単に広くて星があ

るだけの暗い世界だと思っていました。しかしこの講義を受けて宇宙は広いだけでなく、様々な光に満ち溢れているということが分かりました。

特に、何万光年も離れた星から放出される光の吸収スペクトルを調べることで、その星が何年生きているか、何度の天体なのか、どのような成分で出来ているのか、などがわかるということに驚きました。

光にはまだまだきっと知られていないことがたくさんあるのではないでしょうか。そして、それはこれからどんどん解明されていくことと思います。私もその一部に関わることができるよう、さらに宇宙や光について学習・研究してみたいと思います。