

膨張する宇宙

1 目的

- (1) 観測データから、銀河までの距離と後退速度^{※1}の関係を調べる。
- (2) 模型を使って、宇宙が膨張していることを実感する。
- (3) シミュレーションにより、銀河までの距離と後退速度の関係から宇宙が膨張していることが分かったことを理解する。

※1 銀河の後退速度 … 銀河が観測点から遠ざかる速さのこと。

2 実習

A 観測データで確かめる

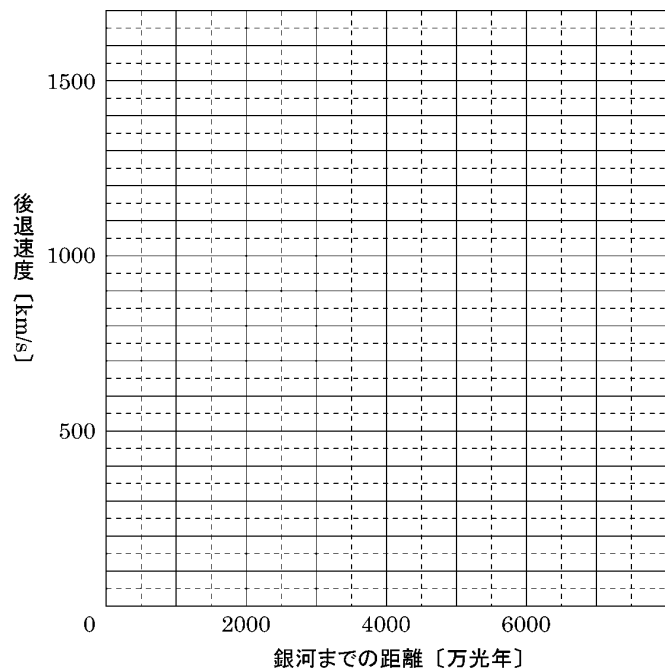
表1は、ハッブル宇宙望遠鏡を使ってセファイド型変光星^{※2}から求めた銀河までの距離と、スペクトル観測から求めた銀河の後退速度の値をまとめたものである。この関係をグラフ1に表せ。

※2 セファイド型変光星 … この変光星は、変光周期が長いほど明るい(光度が大きい、または絶対等級が小さい)という性質がある(周期光度関係)。したがって、見かけの等級と変光周期を測定することで星までの距離を求めることができる。

表1 銀河までの距離と後退速度

銀河名	銀河までの距離 〔万光年〕	後退速度 〔km/s〕
NGC1425	7133	1473
NGC2090	3831	882
NGC2403	1050	278
NGC2541	3658	714
NGC3031	1183	80
NGC3198	4499	772
NGC4321	4958	1433
NGC4496A	4844	1424
NGC4535	5144	1444
NGC4536	4867	1423
NGC4548	5288	1384
NGC4639	7165	1403
NGC4725	4029	1103

(Freedman et al. (2001) より)



グラフ1 銀河までの距離と後退速度

問1 グラフ1の結果から、銀河までの距離と後退速度の関係を説明しなさい。

B 模型で実感する

(1) 準備 (写真1)

工作用紙, 銀河の写真(5枚),
割り箸(5本), 平型ゴム(1.5mを2本),
ノリ, 接着剤

(2) 作り方

- ① 工作用紙を半分に切る。
- ② 真中に割り箸を貼りつける。
- ③ 割り箸の両側に3mm幅程度のスリットをあける。
- ④ 平型ゴムを接着剤等でつなぐ(写真2)。
- ⑤ 真ん中の銀河をつなぎめに合わせて止める。
- ⑥ 残りの4枚は自由に動かせるようにする。
- ⑦ 割り箸側に銀河の写真を貼る(ゴムを動かせるように真ん中を浮かせる 写真3)。



写真1

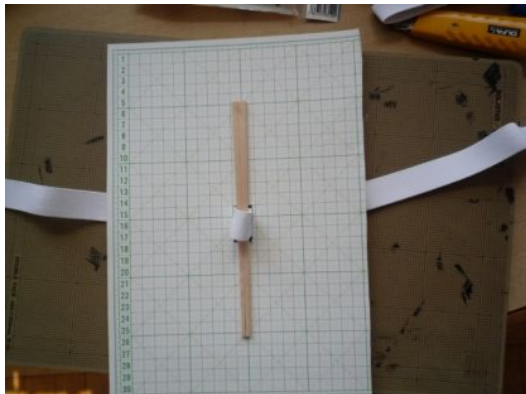


写真2



写真3

(3) 使い方

- ① 片側を固定して、もう一方の端を引っ張る(写真4)。
- ② 両側からふたりに引っ張る。

問2 各銀河間の距離(ゴムの長さ)はどうなったか。

問3 一つの銀河に注目して、銀河までの距離とゴムの伸びはどのような関係か。

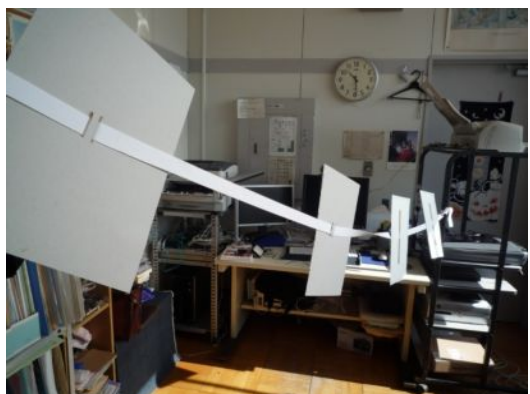


写真4

C シミュレーションで理解する

(1) 銀河までの距離と後退速度の関係

図1のように宇宙を直線(一次元)とし、現在より1秒前に比べて1秒後の宇宙が2倍の長さに膨張するモデルを考える。我々がいる場所を“E”とし、各点(A(I)~D(F))の移動距離から平均速度を求めてグラフ2に表す。

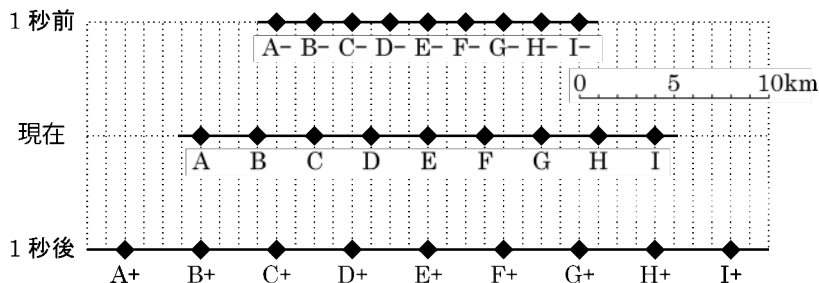
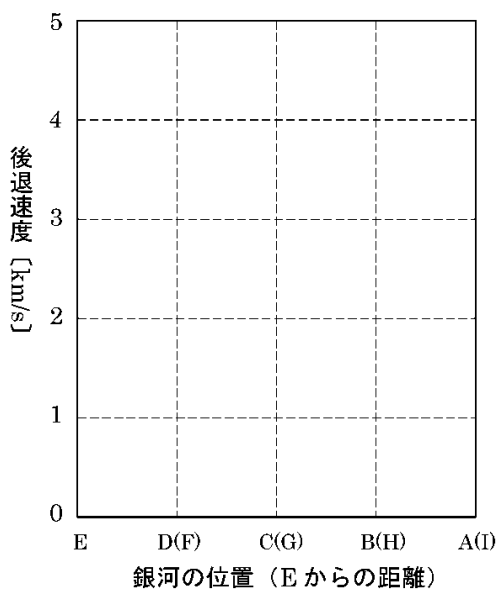


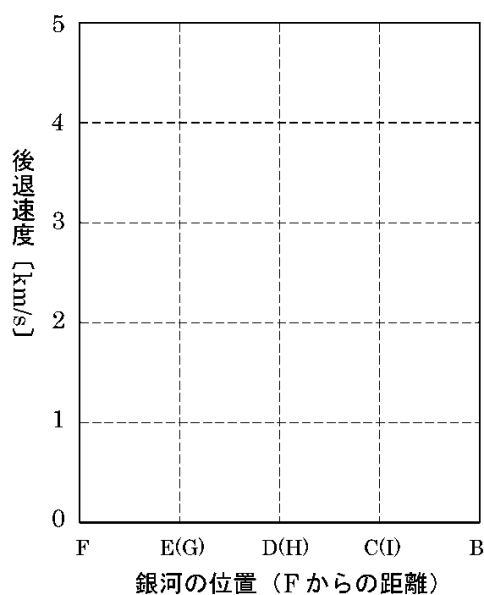
図1 膨張する宇宙モデル(一次元)

(例) 現在の“E”から観測する“D” or “F”は、1秒前には“D-” or “F-”にあり、“E-”から2kmのところにあった。そして、1秒後には“D+” or “F+”にあり、“E+”から4kmのところへ移動する。したがって、“D” or “F”は現在をはさむ2秒間に2km遠ざかり、平均の後退速度は1km/sとなる。

問4 グラフ2の結果から、銀河までの距離と後退速度の関係を説明しなさい。



グラフ2 観測点Eからみた宇宙



グラフ3 観測点Fからみた宇宙

(2) 観測点を変える

図 1 で観測点を “F” とし、2 の C と同様にグラフ 3 に表す。

問 5 グラフ 2 とグラフ 3 の結果を比較して、観測点を変えると宇宙の膨張がどうなるか、説明しなさい。

[発展]

膨張する宇宙の時間を逆にたどると、宇宙は 1 点に集まるはずである。それまでの時間が宇宙のおおよその年齢である。以下の手順で求めてみよう。

- ① 実習のグラフに、データの間を通り、原点を通る直線を引く。
- ② ①の直線から、銀河までの距離が 6000 万光年のときの後退速度を読み取る。これを $v[\text{km/s}]$ とする。1 年間の秒数を $a[\text{s/年}]$ とすると、ここで求めた後退速度は $v \times a [\text{km/年}]$ となる。
- ③ 1 光年は光が 1 年間で進んだ距離であるから、光の速さを $300000[\text{km/s}]$ とすると、1 光年は $300000 \times a [\text{km}]$ である。したがって 6000 万光年は、 $60000000 \times 300000 \times a [\text{km}]$ ($1.8 \times 10^{13} \times a [\text{km}]$) となる。
- ④ 現在 6000 万光年の距離にある銀河は $v[\text{km/s}]$ で遠ざかっているので、距離を速さで割ると時間が求まる (③/②)。これが、単純に求めた場合のおおよその宇宙の年齢である。

3 感想