

## SMOKA データを利用したハッブル則教材

岡山商科大学附属高等学校

畠 浩二

paofits WG では、距離はしご教材の一つとして「SMOKA」データを利用したハッブル則教材の作成をしています。

以下にその概要と、今後の課題を示します。

### 1. 授業のねらい

銀河のスペクトルを観測すると、多くの銀河のスペクトルは赤方偏移をしていることがわかる。赤方偏移からドップラー方程式を利用し銀河の後退速度を求めると、我々の銀河から遠い銀河ほど後退速度は大きく、その後退速度と銀河の距離の関係は比例している（ハッブルの法則）ことがわかる。

ここでは、距離のわかっている銀河のスペクトルからハッブルの法則を求め、ハッブル定数を決定し、宇宙の年齢を推定してみる。

### 2. 前提知識

この教材を利用するにあたっての前提知識として、光のドップラー効果があります。

$$v = c \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

光のドップラー効果を、生徒にどのような形で教えるかについては工夫が必要ですが、教育課程は別にして、「物理の授業で取り入れる」「この教材の実施前に教える」といったことで対応しても良いと思います。

### 3. カリキュラム内容

カリキュラムの内容は大まかに次のような構成になっています。

- 画像解析ソフト「Makali'i」を使い、各銀河のスペクトルの画像を開く。
- 各銀河のH $\alpha$ の波長のRed Shiftから、ドップラー方程式を使い後退速度を求める。
- 各銀河の後退速度（複数取れる場合は平均）を求める。
- 後退速度と距離のグラフを作成。
- ハッブル定数を求める。
- 宇宙年齢の推定。

### 4. データの選択基準

距離既存の銀河 素性の良いデータ！！

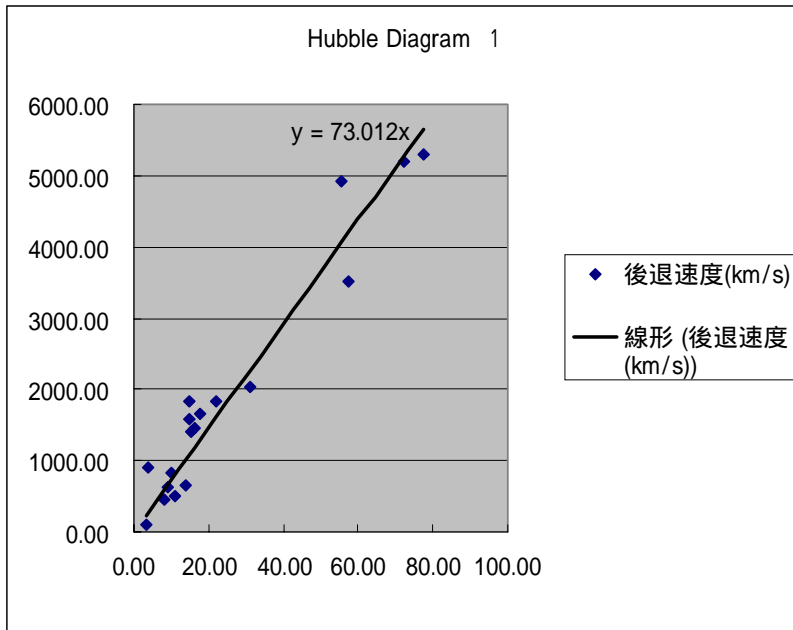
- ハッブル則で距離を算定していない銀河

- セファイドで距離を算定している銀河
  - Hubble Key Project
- a型超新星が出現した銀河
  - a型超新星の出現した銀河については、IAUCの超新星一覧を参照

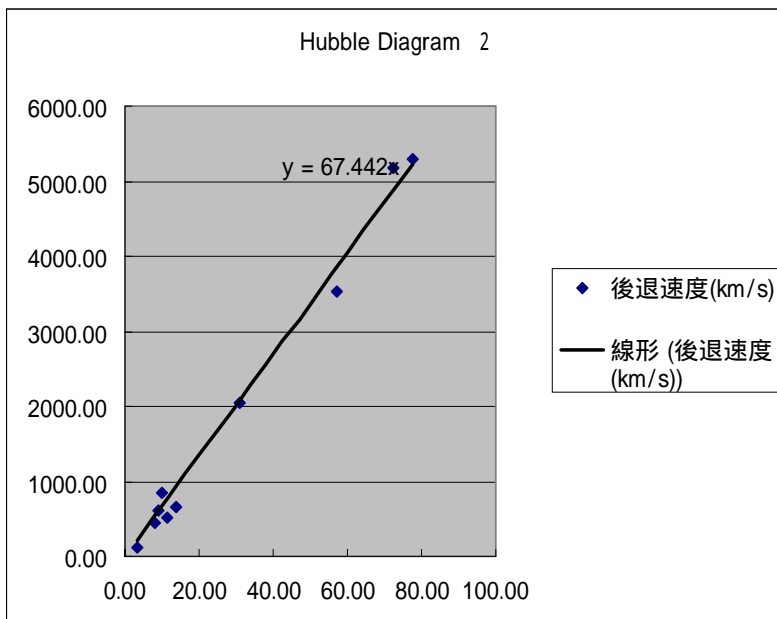
この条件に当てはまる銀河で SMOKA にデータが存在する銀河を抽出し、教材として使えるようなものについて実際に処理をして検討した。その結果、次のデータが使用できることがわかった。

星 座	銀河名	距離	後退速度
きりん	NGC2403	3.22	108.79
おおぐま	NGC3031	3.63	893.51
りょうけん	NGC4258	7.98	441.73
さんかく	NGC925	9.16	618.01
しし	NGC3627	10.05	840.62
おおぐま	NGC2541	11.22	507.85
おおぐま	NGC3198	13.80	654.58
ペガスス(ステファンの五つ子)	NGC7331	14.72	1589.22
おとめ	NGC4536	14.93	1844.12
おとめ	NGC4321	15.21	1404.22
かみのけ(おとめ座銀河団)	NGC4548	16.22	1447.16
かみのけ(おとめ座銀河団)	NGC4414	17.70	1644.95
おとめ	NGC4639	21.98	1843.66
かに	NGC2608	31.00	2046.00
うみへび	NGC2713	55.40	4913.23
ペガスス	NGC7678	57.23	3519.00
おひつじ	NGC673	72.40	5184.98
こと	NGC6702	77.50	5292.40

この中で、おとめ座、かみのけ座の5つの銀河(NGC4536、NGC4321、NGC4548、NGC4414、NGC4639)は、**Virgo Cluster** に属するものであり、NGC3031、NGC7331、NGC2713はエラーが大きなものである。これらのデータから Hubble Diagram を作成すると次のようになる。



全データを使用したもの



Virgo Cluster とエラーの大きなデータ除外したもの

このように、現在のデータでも非常に直線性がよく、また、比較的良い値（Hubble Constant）になる。

## 5 . 既存データでの問題点

現在のデータは岡山の SNG データを利用しているが、比較的良い値をとることはわかった。しかし、以下のような問題点を抱えている。

- S/N が悪い・分散が異なる・画像サイズが異なる

銀河によっては S/N が悪く、さらに、分散が異なっており、画像サイズも異なるものがある。そのため、スペクトルの画像を見慣れていない生徒にとっては、かなり見づらいものとなっている。サイズをそろえて加工することの是非を検討する必要がある。

- 遠距離銀河のデータが少ない（ほとんどない）

- 岡山にはすでに機材がなく SNG データは新規データの可能性がある。（これは、会議中約 2 年分の未公開データが残っていることが判明）

これらの問題を解決するには、「ハッブル則用のデータ」を取得する必要がある。今後は、2 m 級で「西はりま」に期待をし、遠保銀河のデータとしては「すばる」のデータを期待したい。