

セファイド変光星の周期光度関係から系外銀河までの距離を求める

五島正光 (巣鴨中学高校) Paofits-WG

1. はじめに

PAOFITS-WG は、公開天文台ネットワーク (PAONET) を母体としたワーキンググループである。その主な目的は天体画像の解析を通して宇宙を探究する教材の開発である。

世界中の天文台では天体画像をはじめとして、さまざまな天文データを FITS とよばれる共通の形式で保存するようになっている。PAOFITS-WG で開発する教材の主な特徴は、FITS 形式の天体画像を入手し、それを画像解析ソフト「マカリィ」で解析するところにある。ここでは、セファイド変光星をテーマとして開発した教材を紹介する。

セファイド変光星は脈動変光星の一種で、明るいものほど変光周期が長いことが知られている。この周期光度関係とよばれる性質にもとづき、変光周期から絶対等級を求めることができる。したがって、見かけの等級と変光周期からセファイド変光星までの距離を求めることができる。

PAOFITS-WG では「距離はしご教材」のひとつとして、セファイド変光星を教材化することにした。セファイド変光星には次の3タイプを想定できる。

1) セファイド変光星の変光の様子を探究する

2) 距離の明らかになっているセファイド変光星について、距離と明るさの関係を探究し、周期光度関係を確かめる。

3) 系外銀河のセファイド変光星の周期と見かけの等級を測定し、周期光度関係にもとづいて、その距離を求める。

ここで紹介する教材は第3のタイプつまり系外銀河の距離を求めるものである。そして、解析する FITS 画像はハッブル宇宙望遠鏡 (HST) のキーププロジェクトで撮像された M100(NGC4321)である。

表1 キーププロジェクトの
系外銀河(数字は NGC 番号)

2. HSTキーププロジェクト

系外銀河の距離に関するHSTキーププロジェクトの主な目的は、ハッブル定数を $\pm 10\%$ の正確さで求めることである。これは系外銀河のセファイドを系統的にHSTで観測することで達成される。この目的の下、18の系外銀河が観測されている(表1)。

925, 1326A, 1365,
1425, 2090, 2541,
3031(M81),3198,3351(M95),
3621,4321(M100), 4414,
4535,4548(M91),4725,
5457(M101), 7331, 3319,

それらのうち、今回教材化したのは NGC4321 (M100)

である。1994年に12回(4月23日,5月4,6,9,12,16,20,26,30日,6月7,17,19日)WFPC2にF555W(ジョンソンVに相当)フィルタを装着して、露出時間1800秒で2回ずつ撮像された。その成果は論文(Ferrarese,L.et al.,1996,ApJ.464,568)として

まとめられている。その論文によると、見つかったセファイドの数は約 70 個であり、そのうちの 52 個で距離を算出している。

教材化する際に、観測期間に周期が 2 回あるもの、つまり周期が 30 日のものを選んだ。さらに WFPC2 の 4 枚の CCD のうち、解像度の最も高い惑星カメラのチップに写っているセファイドを教材とすることにした。なお、教材として利用する FITS 画像は ESO のホームページから、1 次処理の済んだものをダウンロードした。

3. 実習の手順

学習者に次の 7 つのステップで、NGC4321 までの距離を求めさせることにした。画像解析ソフト「マカリィ」を用いて、NGC4321 の FITS 画像を解析する操作方法を具体的に示したワークシートを作成し、光度変化を調べるセファイド変光星を見つけやすくするためのファインディングチャートを用意した。また、MS エクセルを利用して、「マカリィ」での測光結果を入力すれば、見かけの等級への換算結果が出力されるプログラムを作成した。

- 1) FITS 画像を画像解析ソフト「マカリィ」で開く。
- 2) ファインディングチャートを手がかりに、対象のセファイド変光星を同定する。
- 3) セファイド変光星の明るさを「マカリィ」で測定する (12 回)。
- 4) この教材用のエクセル・ファイルを利用して、測光結果を見かけの等級に換算する。
- 5) 光度曲線 (図 1) を描き、変光周期と見かけの等級の中央値を求める。
- 6) 周期光度関係 (図 2) から絶対等級を求める。
- 7) 見かけの等級 (中央値) と絶対等級から距離を求める。

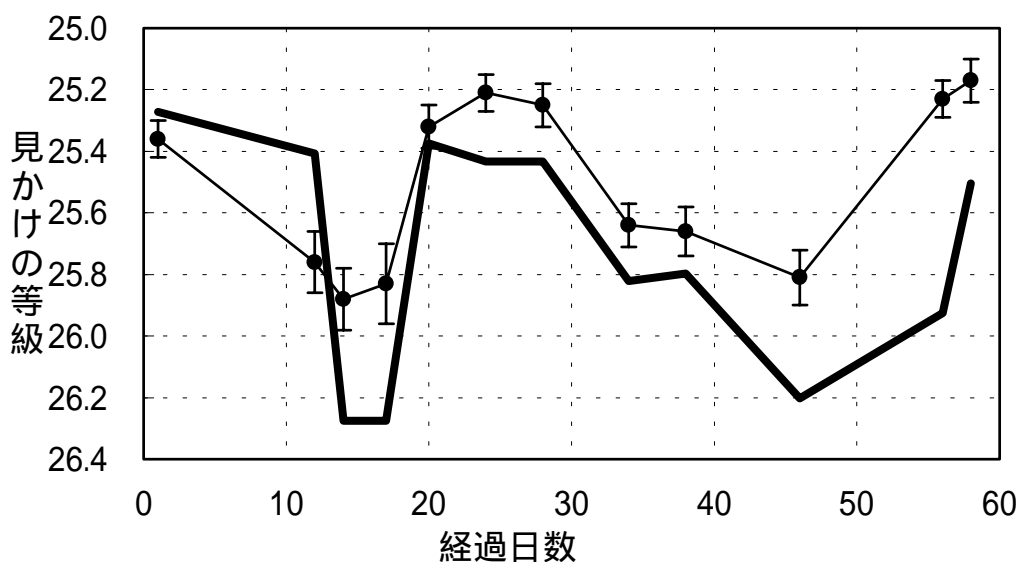


図 1 光度曲線

太実線が本教材で試行したもの、細実線はキープロジェクトによる

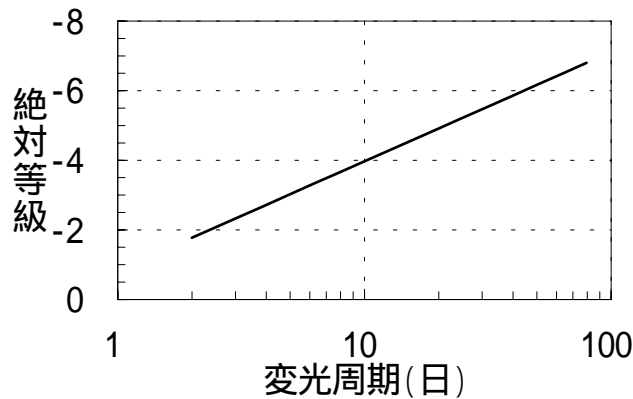


図2 周期光度関係

(Tammann et al.2003, A&A 404, 423-448)

4. 結果

作成した教材では、NGC4321(M100)までの距離は、キープロジェクトによる距離 1580 万パーセク ± 130 万パーセクに対して、約 1700 万パーセクであった(表2)。これはほぼ等しい値といえる。したがって、教材としての評価の段階に移行する。今後高校生を対象に試行授業を行い、ワークシート、ファインディングチャートや MS エクセルを利用したプログラムなどを、よりよいものに改善する。

表2 NGC4321(M100)の距離

	TEST	KEY
変光周期(日)	30	32
見かけの等級	25.8	25.49
絶対等級	-5.4	-5.55
距離(Mpc)	17	15.8 ± 1.3*

ただし、光度曲線(図1)に示されているように、キープロジェクトによる光度と大きく異なるものが見られる。また、全体的にキープロジェクトよりも見かけの等級が暗く、求められた距離が少し大きめになっている。これらについても、教材の評価を行う際に検討をする。

5. おわりに

HST キープロジェクトによる NGC4321(M100)の FITS 画像を利用して、セファイド変光星の教材を開発した。今後、高校生を対象として試行授業を行う。