

# 木曾アーカイブデータを用いた天文教材開発

## ～HR図の作成と銀河団の距離測定～

西浦慎悟、柏木雄太、土橋一仁(東京学芸大・教育)、伊藤信成(三重大・教育)、山縣朋彦(文教大・教育)、濱部勝(日本女子大・理・数物)、富田晃彦(和歌山大・教育)、原正(埼玉県立豊岡高校)、三戸洋之(東大・理・天文センター・木曾)、宮田隆志(東大・理・天文センター)

**アブストラクト:** 近年のPC、ソフトウェア、そしてインターネットの発達と、FITS画像とデータ・アーカイブ・システムの普及・整備によって、誰もが容易に観測データにアクセスし、それを分析できるコンピュータ環境を構築できるようになってきた。このような状況を背景に、現在、伊藤氏(三重大・理)を中心に、木曾観測所105cmシュミット望遠鏡のアーカイブデータを活用した教材作成が本格化しつつある。本ポスターでは、先行している二つのテーマ「星団のHR図作成教材」と「銀河団画像による距離測定教材」についての進捗状況を報告する。前者については、本教材の要である表計算ソフト用ワークシートがほぼ完成し、幾つかの星団画像も用意した上で、教育学部1・2年生に対する実践授業を行った。後者については、木曾観測所での銀河学校2003と埼玉県立豊岡高校天文部の研究実習に投入し、ある程度の結果が得られている。ただし、HR図描画教材では、球状星団の取扱いが難しいこと、銀河団の距離測定教材では光度関数の faint-end が十分でないために特徴的光度が見出し難い、といった問題点が浮上している。

### 1. 背景: 近年、PCのハード・ソフトウェア環境の発達と、それによる天体画像分析のシステム構築の簡易化

- ① PCハードウェアの高性能化・低価格化 → 普及版、廉価版のPCでも、十分な画像解析が可能(モニター込みで10万円以下!)
- ② ソフトウェアの充実 → 高い機能を持つ市販ソフトと、それらと十分な互換性を有するフリーソフトの登場と普及(OpenOffice、マカリイ等)大規模データ公開システムの整備 → データ・アーカイブ・システム、バーチャル天文台システム(HST、SDSS、SMOKA、JVO等等)
- ④ ネットワークの高速化・低価格化 → HSTやSDSSのFITS画像データも、あっという間にダウンロード

### 2. 動機: 実際の観測データからなる教材によって、天文学に関するより深い理解を与えることができないだろうか?

- ① バリエティに富んだテーマと画像データ → 様々な天体で同じ実習を試みることができる。多人数での実習に対応
  - ② 扱い易く、汎用性が高い教材セット → PC環境さえあれば、単独での実習作業も可能
- という教材セットの開発(PCとテキストだけ与えて「レポートの〆切は来週のこの時間ね」が理想)。

### 3. 教材開発①「星団のHR図作成教材」:

#### ● 開発目標:

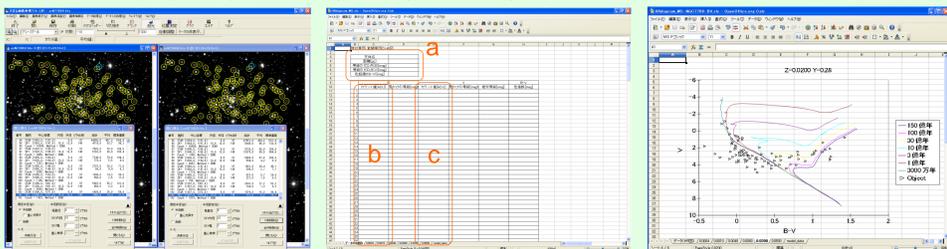
- ・ 多くの星団サンプルを持ちつつ、容易なHR図の描画、等時曲線との比較、から星団中の恒星の年齢・金属量の考察が可能な教材。
- ・ 恒星の測光にはマカリイ、HR図の描画・等時曲線との比較にはOpen Office Org / Calc に対応した表計算ワークシートを用いる。
- ・ 表計算ワークシートには、予め見かけ等級、色、絶対等級を算出する式を埋め込んでおき、マカリイからワークシートへのデータの流し込みは、表計算ソフト上での数回のコピー&ペーストのみで行う。

#### ● 教材サンプル:

- ・ 散開星団 × 5 — M36, M38, NGC1342, NGC7788+7790 のB・V画像
- ・ 球状星団 × 3 — M3, M13, M15 のB・V画像
- ・ 等時曲線 — Bertelli et al. 1994, A&AS, 106, 275 を一部改変
  - ┌ 年齢 = 3000万, 1億, 3億, 10億, 30億, 100億, 150億年
  - └ 金属量 = 0.0004, 0.001, 0.004, 0.008, 0.02, 0.05
- ・ 距離・色超過 — 個別の論文から数値を収集

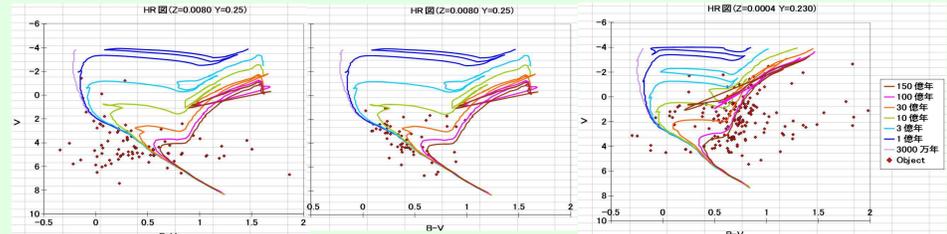
#### ● 使用方法:

- 1) マカリイで測光      2) ワークシートに入力・コピー      3) HR図と等時曲線の描画



上記2)の表計算ソフト用ワークシートの、aに星団までの距離や色超過などを入力し、b・cにマカリイから測光結果をコピーするだけで、HR図の描画や等時曲線との比較が可能に!

#### ● 実習結果(一部):



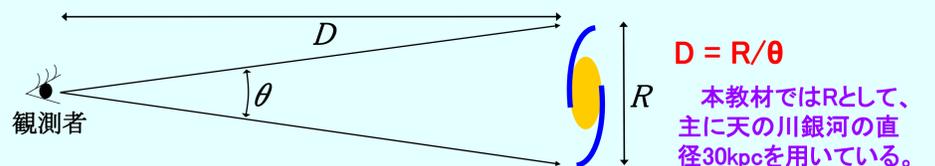
↑ M34(散開星団)、NGC1342(散開星団)、M13(球状星団)のHR図

### 4. 教材開発②「銀河団画像による距離測定教材」:

#### ● 開発目標:

- ・ 後退速度が既知である数個の銀河団サンプルに対して、以下のいずれかの仮定の下で距離を算出。得られた銀河団の距離と後退速度からハッブル図を描き、ハッブル定数 / 宇宙年齢を導出する教材。

- (仮定1) 銀河団銀河の真の直径は、巨大銀河で50kpc、通常銀河で30kpc [天の川銀河と同じ]、矮小銀河で10kpcである。[銀河学校2002]
- (仮定2) 銀河団銀河の光度関数の、特徴的光度を担う銀河の真の直径は、天の川銀河と同じ30kpcである。[埼玉県立豊岡高校天文部]

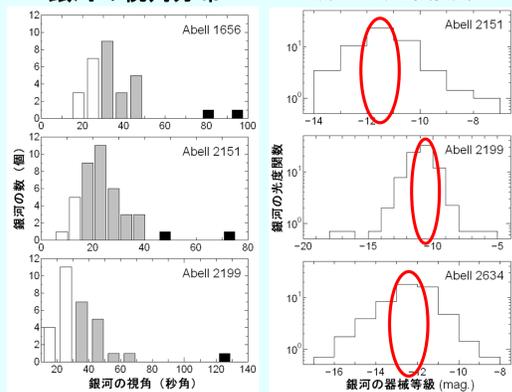


#### ● 教材サンプル:

- ・ 銀河団 × 6 — Perseus cluster (5366km/s)、Coma cluster (6925km/s)、Abell 2199 (9039km/s)、Abell 2634 (9409km/s)、Hercules cluster (10972km/s)、Abell 160 (13401km/s)
- 後退速度は小さいものから大きいものまで分布

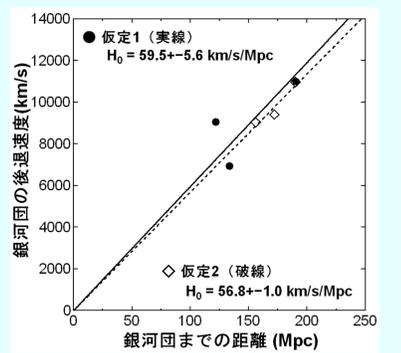
#### ● 実習結果(暫定版):

- (仮定1)を用いた場合      (仮定2)を用いた場合  
銀河の視角分布      銀河の光度関数



黒: 巨大銀河(実直径50kpc)      赤丸を特徴的光度と見なし、ここに入る銀河の視角の平均値を算出する。  
灰: 通常銀河(実直径30kpc)  
白: 矮小銀河(実直径10kpc)

銀河団	後退速度 (km/s)	仮定1で得た距離 (Mpc)	仮定2で得た距離 (Mpc)
Coma	6925	134	未使用
A2199	9039	122	156
A2634	9409	未使用	172
A2151	10972	191	190



↑ 銀河団のハッブル図

### 5. 今後の展開:

- ・ HR図作成教材は、「散開星団」に対してはほぼ完成したと考えている。これについては「地学教育」へ投稿を急ぎたい。
- ・ 球状星団のHR図作成教材については、主にシーイングの効果で主系列星が見え難くなっていると考えられる。対応策を検討したい。
- ・ 銀河団の距離導出教材は、積分時間が短いために、光度関数の faint-end 側のサンプルが不完全になり、特徴的光度を見出し難くなっている。今後、積分時間を稼ぐなどの対応を考えたい。
- ・ どちらの仮定でも、得られたハッブル定数がやや小さくなる点は興味深い。典型的な銀河の直径を30kpcとする点に問題があるのかも知れない。
- ・ 銀河団銀河の光度関数を用いる方法は、2011年3月の日本天文学会・第13回ジュニアセッションで発表される予定であった(今後のジュニアセッションに期待)。
- ・ SDSSの分光データなどと組み合わせることで、距離も後退速度も導出する教材が可能かも知れない。