

木曾シュミット・シンポジウム2017@木曾町(2017/07/05-06)

観測データの教材化と Tomoe-Gozen時代 の観測実習

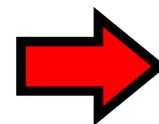
西浦 慎悟

(東京学芸大学・自然・宇宙地球科学)

伊藤 信成(三重大学・教育・理科教育)

山縣 朋彦(文教大学・教育・理科専修)

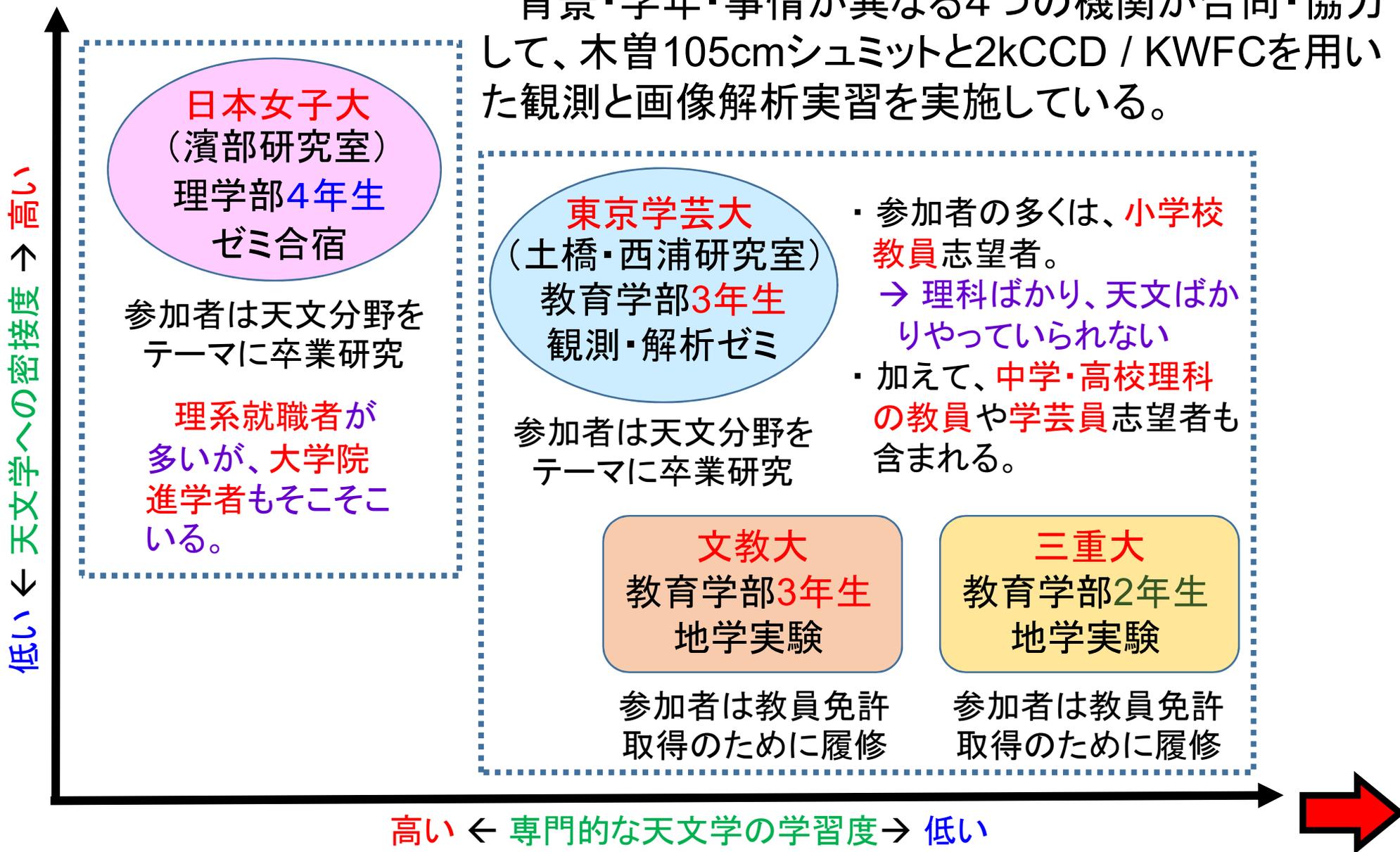
濱部 勝 (日本女子大学・理・数物科学)



1. はじめに～4大学合同実習

②

背景・学年・事情が異なる4つの機関が合同・協力して、木曾105cmシュミットと2kCCD / KWFCを用いた観測と画像解析実習を実施している。



● 観測実習における狙い

- 日本女子大(濱部研)
卒業研究を前提とした観測と画像解析の経験
- 東京学芸大(土橋研/西浦研)
卒業研究を前提としたサンプル選出、観測計画の立案、観測、画像解析、プレゼンテーションの経験
- 文教大
地学実験を前提とした観測と画像解析、プレゼンテーションの実施
- 三重大
地学実験を前提とした観測と画像解析、プレゼンテーションの実施

→ 観測と画像解析から得られたデータを、文献やインターネットから得た情報と比較・参考にしつつ吟味し、結論と考察を行い、報告をまとめる。なお、これら一連の活動は大学・学年を超えたグループ単位で行われる

→ 10数年前から、現在流行のアクティブ・ラーニングを取り入れた実習活動を行って来た。



↑ 図1: 2013年度実習の様子



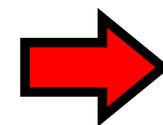
2. 実習テーマと実習例

○はその年に実施したテーマで、数字はそのテーマを割り当てたグループ数を示している。原則1グループ3名である。

④

テーマ	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
小惑星の探索					②	②	①
散開星団のHR図	①		④	④	①	②	②
球状星団のHR図	①		①	①	①	①	①
球状星団のRR Lyr の探索			①			①	①
散光星雲の色と輝線	②						
惑星状星雲の色と輝線	②	①					
超新星残骸の色と輝線	②						
楕円銀河の表面輝度と色	①		②	②	②	①	①
渦巻銀河の表面輝度と色	①	①		②	②	①	①
銀河団銀河の環境効果				②	②	①	①
銀河団までの距離と宇宙年齢			①	①		①	①

↑ 2010年以降の観測・解析実習テーマの一覧表



● 観測実習例

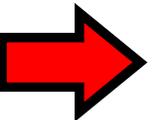
「小惑星探索」黄道上で、その晩の「衝」にあたる天域を、23時、24時、25時の3回にわたって撮像し、画像解析後、3色カラー合成する。小惑星は3原色が連なった天体として視認でき、ブリンクを用いるよりも検出が用意。

検出後、見かけの移動量から太陽から小惑星までの距離を推測する。

→ 高校理科「地学」の年周視差の応用版という側面を持つ

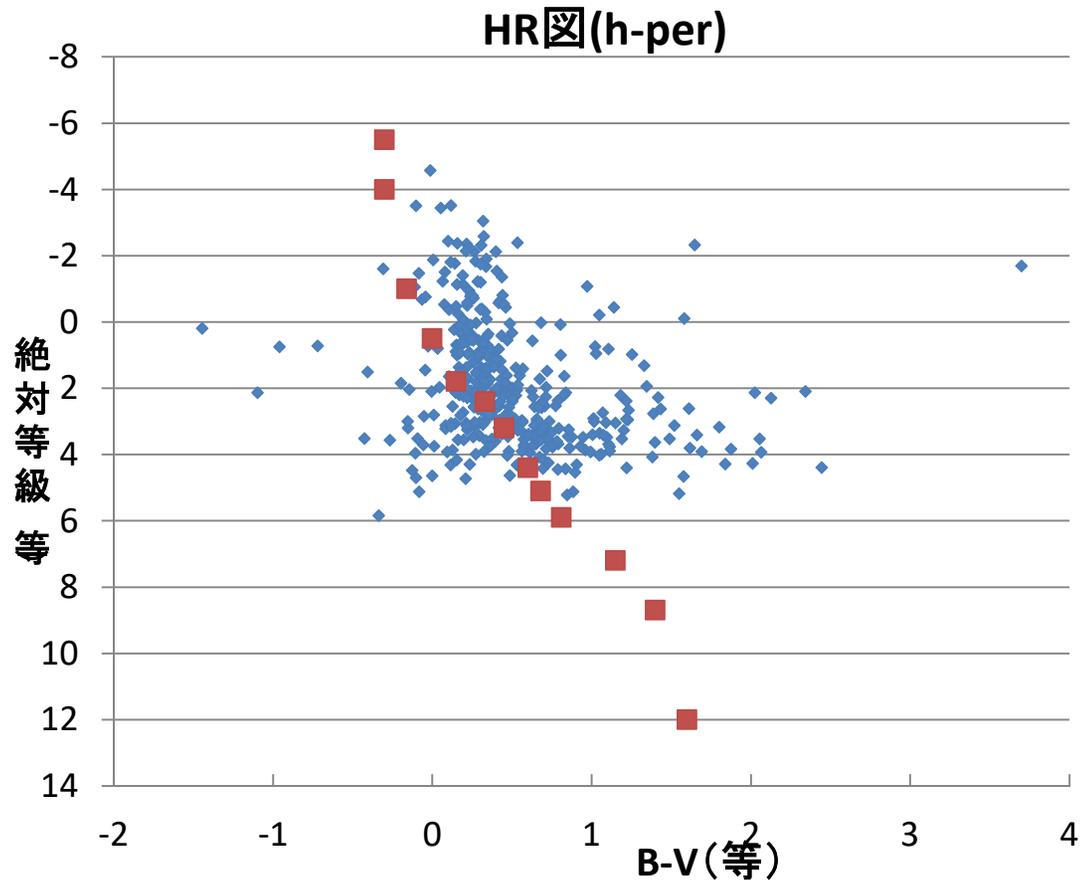


↑ 2016年の「小惑星探索」の結果発表より。KWFCの1チップ分の画像。

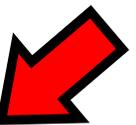


「散開星団のHR図」散開星団領域の恒星の開口測光を行い、HR図を作成し、主系列星のデータや等時曲線などと比較、考察を行う。

→ 高校理科「地学」の散開星団のHR図に関連する典型的な観測実習のテーマ。

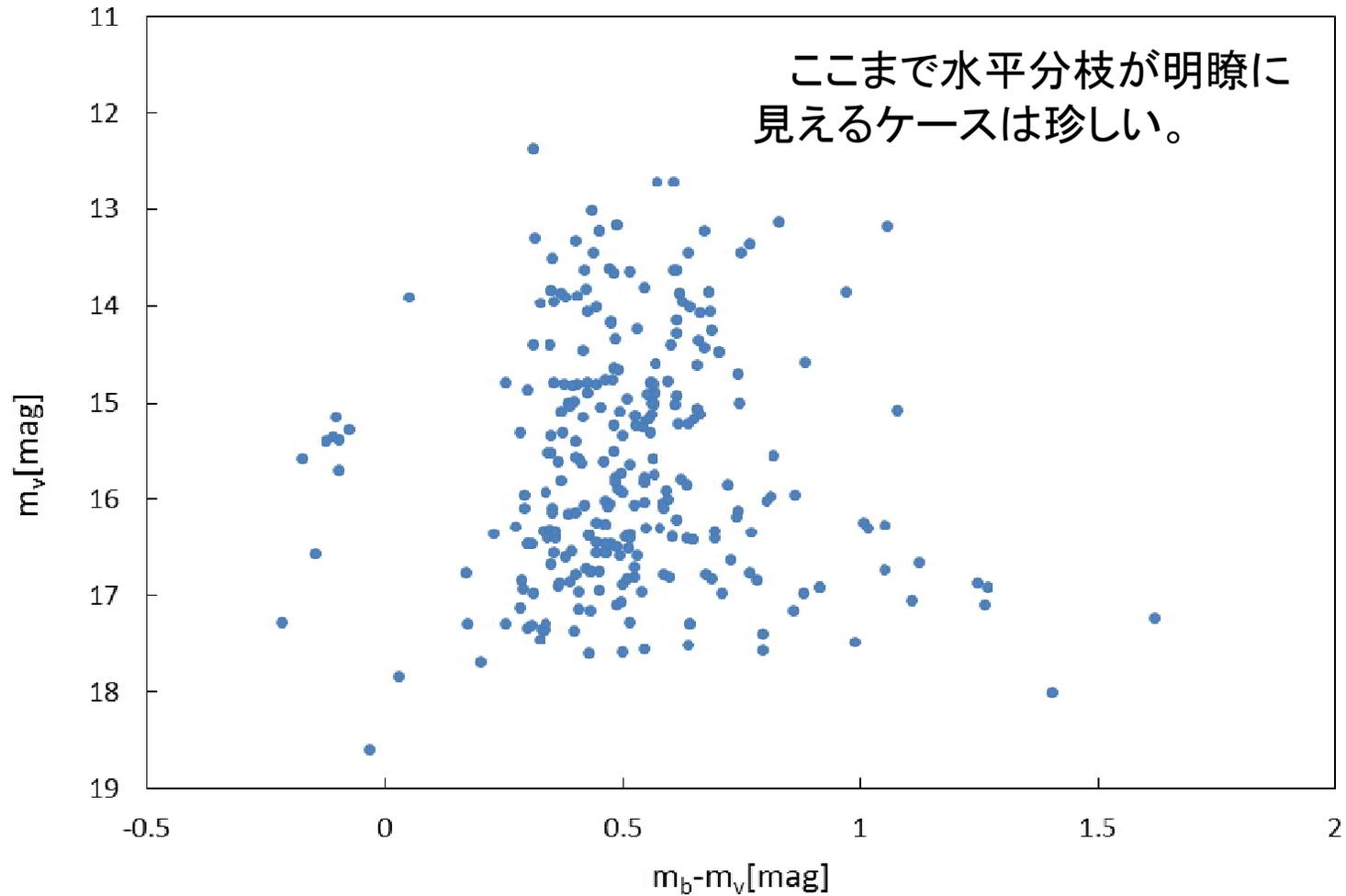


↑ 2015年の「散開星団のHR図」の結果発表より。
h-Per のHR図と主系列星。

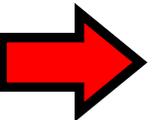


「球状星団のHR図」球状星団領域の恒星の開口測光を行い、HR図を作成・考察を行う。

→ 高校理科「地学」で散開星団のHR図と双璧を成す典型的な観測実習のテーマ。

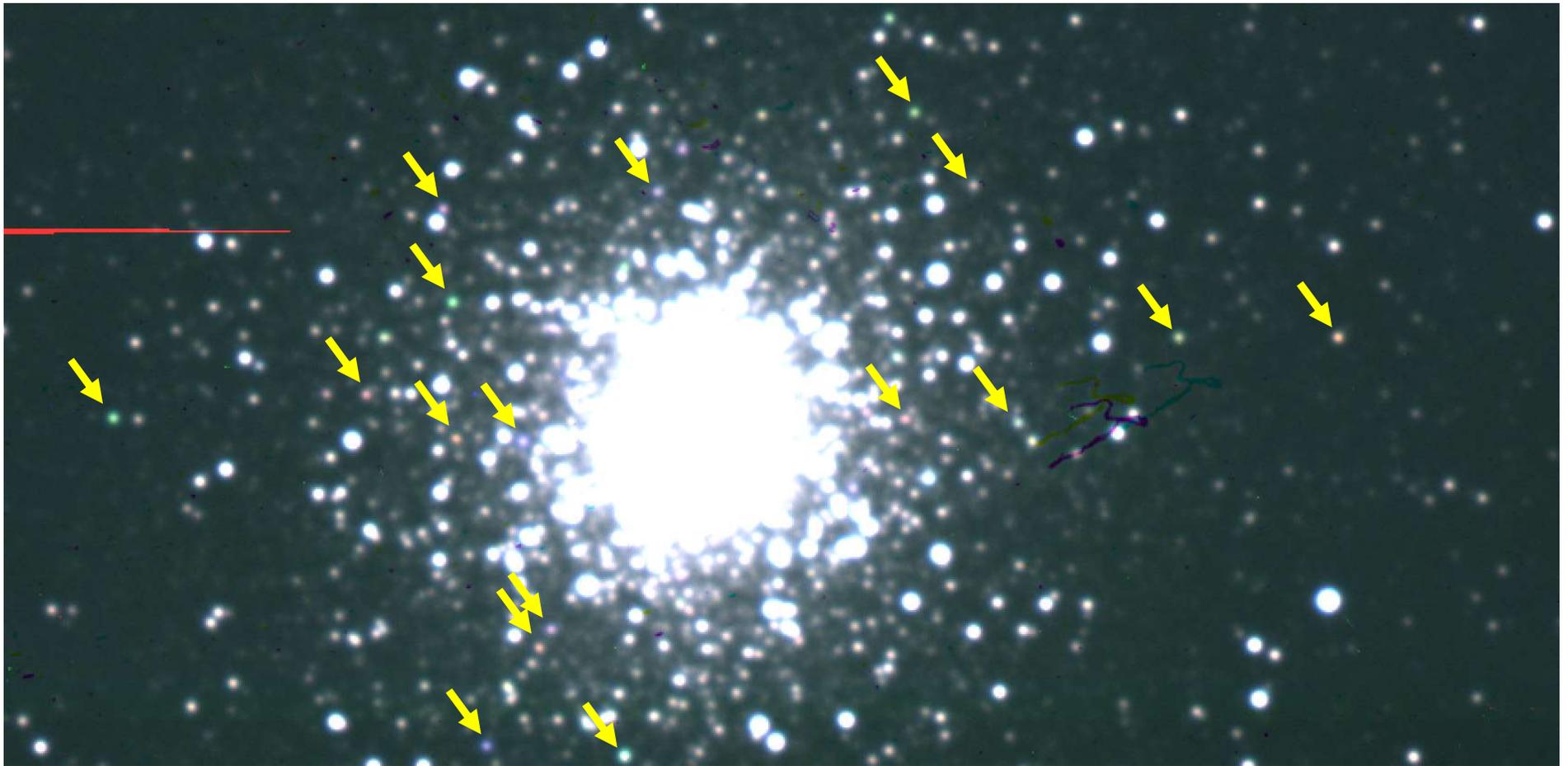


↑ 2014年の「球状星団のHR図」の結果発表より。M13のHR図。

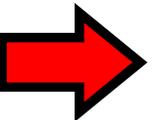


「球状星団中のRR Lyr 型星の探索」 球状星団領域の撮像観測を、1.5時間毎に行い、画像処理後、3色カラー合成する。変光している恒星(ここではRR Lyr型星)は、3原色のいずれかに色付くため、ブリンクを用いるよりも容易に検出できる。検出後、周期・光度関係から球状星団までの距離を導出する。

→ 高校理科「地学」でセファイド型変光星を用いた距離測定の実用版のテーマ。

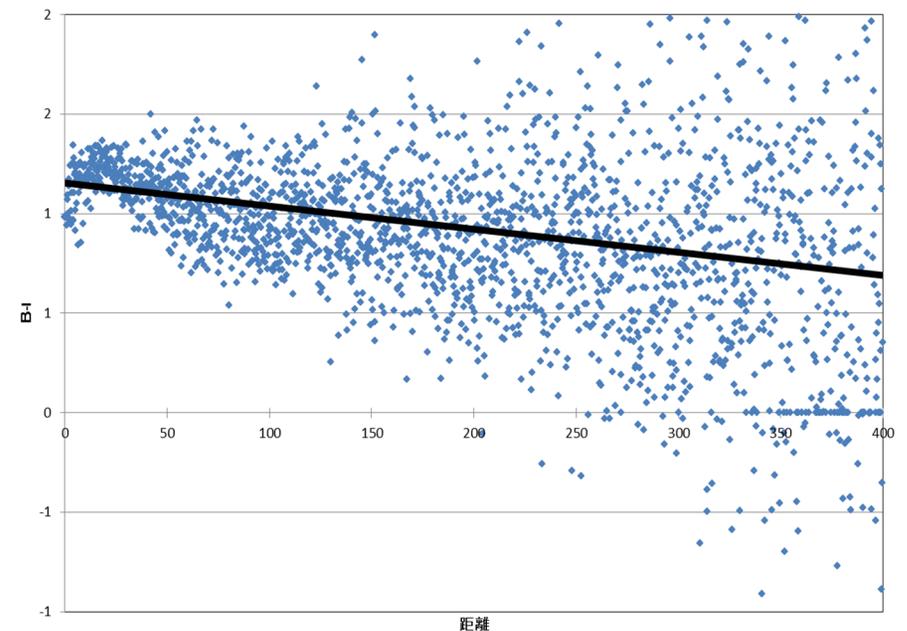
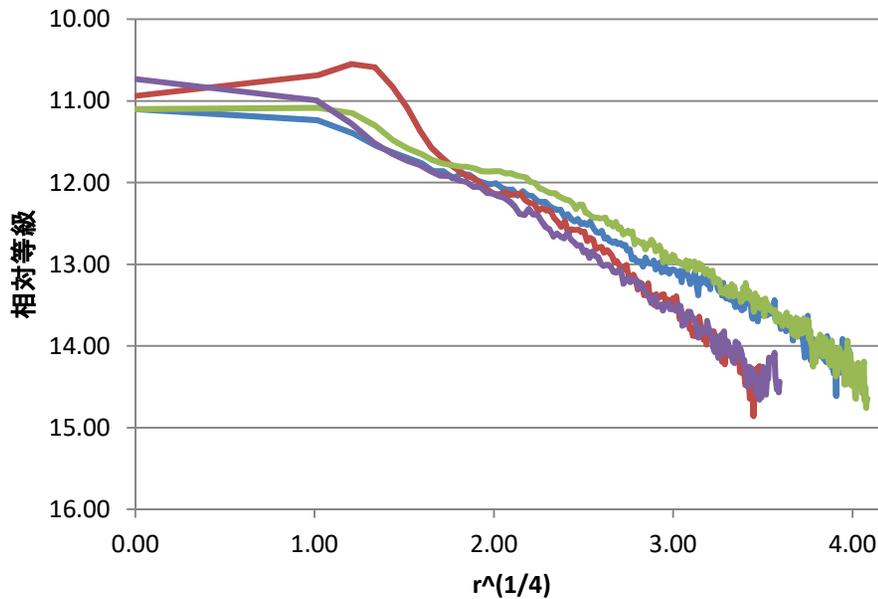


↑ 2016年の「球状星団中のRR Lyr型星の探索」の結果発表をより一部を改変。M15の3色カラー図。矢印は色付いた星を示す。



「銀河の表面輝度と色」 楕円銀河や渦巻銀河の多色撮像を行い、銀河中心から外に向かったの輝度やカラーの振る舞いを調査する。

→ 高校理科「地学」では簡単にしか触れない楕円銀河と渦巻銀河の性質に、一歩踏み込む内容で、銀河天文学の入門的テーマ。



↑ 2016年の「銀河の輝度・カラープロファイル」の結果発表より、左) 楕円銀河M110の輝度プロファイル。ド・ボークルールの1/4乗則が見られる。右) 渦巻銀河M101のカラープロファイル。色勾配が見られる。

他にも、西浦ほか(2012, “Kiso105+2kCCD広帯域撮像データによる学生実習例”, 木曾シンポ2012, ポスター)、西浦ほか(2014, “Kiso105+2kCCD狭帯域撮像データによる学生実習例”, 木曾シンポ2014, ポスター)などを参照して欲しい。



3. 観測実習の成果

1) MS-Windows上での安定したFITS画像解析環境の開発

[開発: 濱部、導入・テスト: 山縣・伊藤]

(実習初期) 「Cygwin + PC-IRAF」

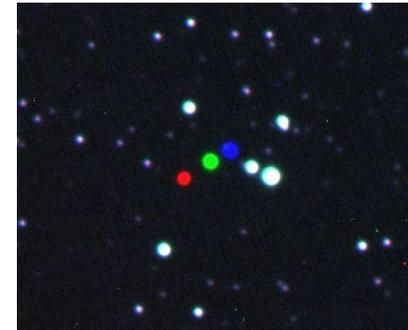
(実習中期) 「Vmware Player + Ubuntu + PC-IRAF」

(最新版) 「Vmware Player + Mint Linux + PC-IRAF」

MS-Windows をベースにすることで、PC 操作に不慣れな大多数の参加者の意識のハードルを下げ、画像解析を効率的にすすめることが可能になった。

2) 実習に即した変光天体・移動天体の新しい検出方法の開発 [山縣]

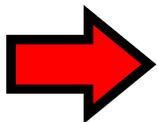
「3色合成法」 --- 時系列に取得した同一天域・同一バンド帯の3枚の撮像データを3色カラー合成することで、変光天体や移動天体が、3原色に色付き、従来のブリンクを用いた検出よりも、視認性が向上する。



3) 観測データの整理および教材化 [伊藤・西浦]

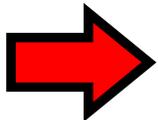
画像解析実習用 FITS データ集 (広帯域編、狭帯域編、対物分光編)

天体、バイアス、フラットの生FITSデータに簡易観測ログを加えた FITS データ集。元々は観測実習の曇天時用の予備データだった。



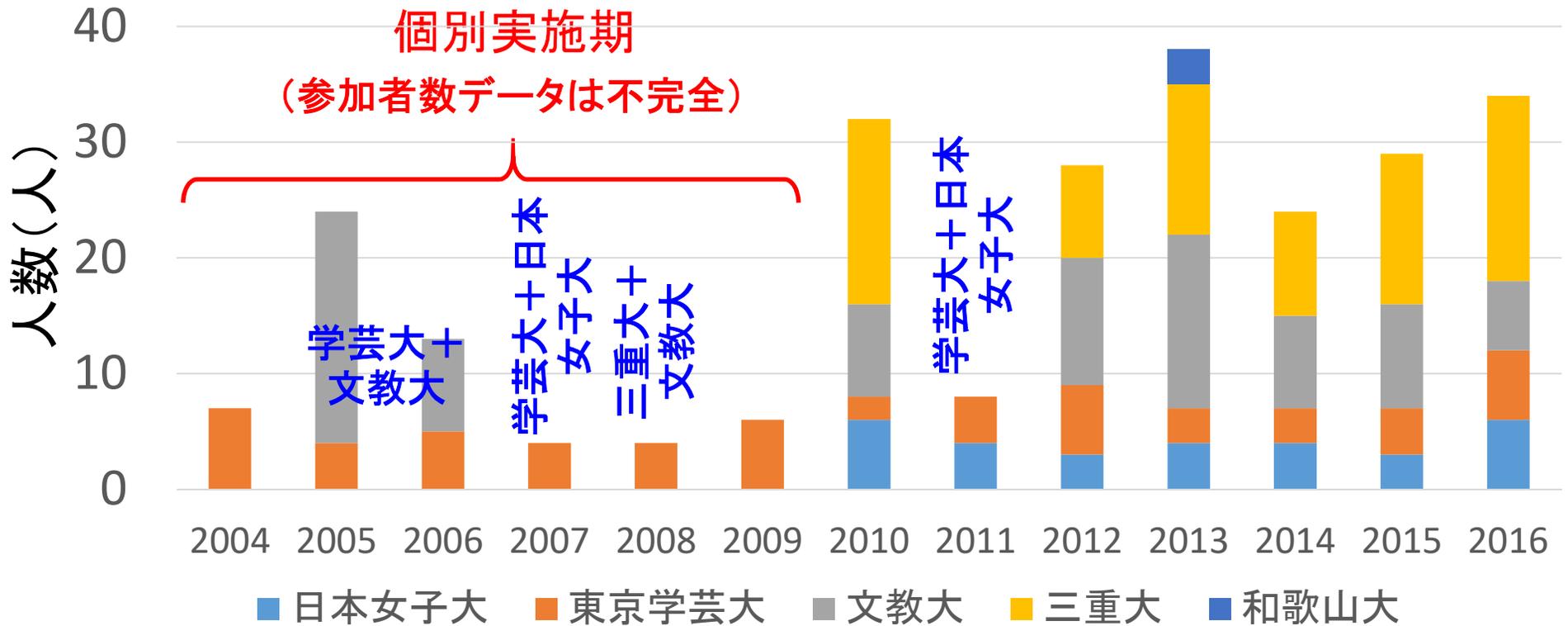
4) 主な発表論文 (赤字は査読論文、緑は記事)

- ・ 伊藤信成, 山縣朋彦, 濱部勝, 西浦慎悟 (2017), “天体分光データ解析体験教材の開発—太陽の吸収線同定および銀河の回転速度測定の例—”, 三重大学教育学部研究紀要, 第68巻, 自然科学, pp. 13–20.
- ・ 伊藤信成, 中川友博 (2016), “デジタルカメラを用いた月の微小視差検出の試み”, 地学教育, 第69巻, pp. 49–72.
- ・ 西浦慎悟, 三戸洋之, 伊藤信成, 山縣朋彦, 濱部勝, 中田好一 (2016), “恒星スペクトルの学習を目的とした天体画像データ集の作成”, 東京学芸大学紀要 自然科学系, 第68集, pp.73–82.
- ・ 伊藤信成, 高田碧郎 (2015), “星団に属さない恒星を用いたHR図描画教材の開発”, 地学教育, 第68巻, pp. 69–91.
- ・ 伊藤信成, 山縣朋彦, 濱勝, 西浦慎悟, 三戸洋之 (2015), “撮像データを用いた恒星の表面温度推定のための自主学習型教材の開発”, 地学教育, 第68巻, pp. 13–28. → 2016年の地学教育学会「教育実践優秀賞」を受賞!
- ・ 西浦慎悟, 中西裕之, 樽沢賢一, 森由貴, 宮田隆志, 三戸洋之, 原正, 伊藤信成 (2013), “銀河団銀河のサイズ分布を用いた宇宙年齢導出教材の作成”, 東京学芸大学紀要 自然科学系, 第65集, pp.23–33.
- ・ 伊藤信成, 山縣朋彦, 濱部勝, 西浦慎悟, 三戸洋之 (2013), “天文分野を対象とした自主学習型解析体験教材の開発 I”, 三重大学教育学部研究紀要, 第64巻, 自然科学, pp. 35–40.
- ・ 山縣朋彦, 伊藤信成, 西浦慎悟, 濱部勝 (2013), “研究施設を利用した天体観測・解析実習について II”, 『教育学部紀要』文教大学教育学部, 第47集, pp. 171–177.
- ・ 西浦慎悟, 濱部勝, 伊藤信成, 山縣朋彦 (2012), “天体画像解析実習用データ集の作成”, 東京学芸大学紀要 自然科学系, 第64集, pp.45–53.
- ・ 西浦慎悟, 柏木雄太 (2010), “ヘルツシュプルング・ラッセル図の描き方～マカリイとOpenOfficeOrgを使って～”, 天文教育, Vol. 22, No. 3, pp. 35–42.
- ・ 山縣朋彦, 西浦慎悟 (2005), “研究施設を利用した天体観測・解析実習について”, 『教育学部紀要』文教大学教育学部, 第39集, pp. 111–120.



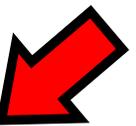
5) 各年の実習参加者数

12



東京学芸大は2004年から、文教大・三重大もほぼ同時期、日本女子大はこれら3大学以前から木曾観測所にて観測実習を実施。2013年には和歌山大も参加。

2004年から2016年の13年で、西浦の記録上のべ**249名の学部生**と**2名の現役教員**が参加(2004年～2009年の日本女子大、2007年～2009年の日本女子大、文教大、三重大、2011年の文教大、三重大の参加者数は未記録:試算では13年間の全参加者数は320名)。



4. Tomoe-Gozenによる観測実習

13

● 本観測実習の必要性(ほぼ西浦私見)

本観測実習が他の観測実習プログラムと大きく異なる点

→ 参加者の大部分が教育学部生

→ 今後の科学立国日本を背負う子供達の教育に携わる若者達

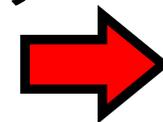
小学校学習指導要領解説「理科編

第2節 理科の内容区分「2 B生命・地球」

(前略), 地層や天体などのように時間や空間のスケールが大きいという特性をもったりしているものがある。児童は, このような特性をもった対象に主体的・計画的に諸感覚を通して働きかけ, 追求することにより, 対象の成長や働き, 環境とのかかわりなどの見方や考え方を構築することができる。(以下, 略)

→ 小・中・高校の理科の接続性を念頭に置いて, 児童の, 時間や空間のスケールが大きい特性を持つ対象への, 科学的な見方や考え方の基本を養う。

小学校教員志望者の「時間や空間のスケールが大きい特性を持つ対象への, 科学的な見方や考え方の基本」を養うためには, 初歩的なテーマを用いた, アクティブ・ラーニングによる観測・解析実習は, よいトレーニングとなる。



● 西浦がTomoe-Gozen に夢見ること

- ・「最前線の研究」と「非研究者教育」が両立すると嬉しい。

実習には、学部生が自力で結果を適当な結論に「落とせる」テーマが必要
「面白い研究テーマ」は必ずしも「良い実習テーマ」では無い

- ・従来のクラシカルな観測が出来ると嬉しい。

標準測光フィルターによる撮像観測

狭帯域フィルターによる輝線撮像観測

対物プリズムによるスリットレス分光観測

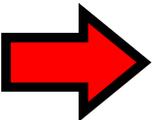
→ 木曾シンポ2016では、2kCCDやKWFCのフィルターを、Tomoe-Gozenの一部のチップに導入できるのではないか？という話があったが、本当に可能なのか？また部分読み出し可能なのか？

→ 低表面輝度天体の撮像のために、最長でどのくらい長い露光が可能なのか？(KWFCでは420分露光しているが・・・)

- ・PCに不慣れな学生でも容易に画像解析が出来ると嬉しい。

画像処理用パイプラインや解析スクリプト

膨大な観測データの置き場所



● 例えばこんな実習は・・・？

- 2kCCDやKWFCのフィルターの流用＋部分読み出し
 - 従来行って来た実習テーマがほぼ全て可能
- No-filter + 部分読み出し無し
 - 従来行って来た実習テーマはほぼ全てが不可能
 - 新しい実習テーマとして：
 - 3色合成による小惑星などの移動天体の検出
 - 3色合成による RR Lyr 型星の検出
 - 流星の検出 (CMOSのテストでも行われたが、実習での落とし所はどこ?)
 - 流星の対物分光 → 大気成分を調べる???
 - 近傍の散開星団の対物分光 → スペクトルからHR図を作成
 - 星座を形作る明るい恒星の対物分光 → 超広視野と超短時間露光
 - 火星や木星の大気変動が見えないか? → 短時間露光でも明るすぎる?

より一層、現実的になってくる Tomoe-Gozen の仕様を確認しつつ、今後、来年度の実習テーマを決めて行きたい。

本研究報告は、学術振興会 学術研究助成基金助成金(17K00971:代表者 伊藤信成、16K12750:代表者 西浦慎悟)の支援を受けています。心から感謝申し上げます。