

令和元年6月15日現在

機関番号：12604

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12750

研究課題名(和文) 超広視野観測装置による天体画像を用いた科目横断型学習教材の開発

研究課題名(英文) The Development of the Teaching Material of Astronomical Images with the Wide-Field Observation

研究代表者

西浦 慎悟 (NISHIURA, Shingo)

東京学芸大学・教育学部・講師

研究者番号：50372454

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：イオン画像を用いて、「原子構造」と「イオン」の学習を通し、天体の実体を理解する科目横断的学習教材の開発を試みた。観測データには、東京大学天文学教育研究センター木曾観測所の105cmシュミット望遠鏡と広視野CCDカメラKWFC、そして、狭帯域N4873、N5013、N6590、N4873フィルターを使用して取得された、星形成領域、超新星残骸、銀河団の多輝線撮像データを用いた。本研究では、1) 作成したN4873フィルターの性能評価、2) 天体のイオン画像の作成、そして、3) 天体画像(イオン画像を含む)を用いた授業実践、を行い、教材のプロトタイプを作成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

色鮮やかな天体画像は、テレビや雑誌だけでは無く、教科書や資料集などでも頻繁に取り上げられる。しかし、これら天体の「色」が、物理学的・化学的な現象と結び付き、その天体の実体解明に利用されていることは意外と知られていない。本研究では、最新の広視野撮像観測装置によって得られた色鮮やかな天体画像を、「色」の観点から物理学的・化学的に理解できる科目横断的な学習教材として、教育界に還元することを試みた。また、その過程で、自主的なグループ学習活動には、学習者の事前の基礎知識の習得と理解が必要不可欠であり、学習者が、学習時間内に自力でこれらを習得することは難しいことが垣間見られた。

研究成果の概要(英文)：I developed a teaching material to comprehend the scientific entities of the astronomical objects with the studies of the basic physics and chemistry using multi-line narrow-band images. We obtained the observational data with the Kiso Wide Field Camera (= KWFC) installed the Kiso 105 cm Schmidt telescope at the Kiso Observatory, the Institute of Astronomy, the University of Tokyo. They included star-forming regions (the Great Orion Nebula [=M42], the Rosette Nebula [NGC2237-38-44-46], and the Cocoon Nebula [IC5146]), a supernova remnant (Cygnus Loop), and a galaxy cluster (the Virgo Cluster).

In this work, to make the prototype teaching material, 1) I investigated the response of the CCD chips in the KWFC, calculated the accuracy of the magnitude calibration and estimated the limited surface brightness, 2) I produced the pseudo-color multi-line images, and 3) I applied them to college students.

研究分野：銀河天文学, 観測天文学, 天文教育

キーワード：科目横断型学習教材 原子構造 イオン 可視光天文学 狭帯域撮像観測 広視野撮像観測

1. 研究開始当初の背景

天文学は、物理学・化学を基礎として、様々な天文現象を究明する分野横断的な応用科学・総合科学である。しかしながら、現在の我が国の理科教育における天文領域の位置付けは、中学校においては暗記主体の科目と見なされ、高等学校においては、選択科目となり、深く関係した他の教科・科目との関連性・系統性は失われ、ブラック・ボックス的に扱わざるを得なくなっている。

その一方で、この 20 年間、様々な研究機関・教育機関が行ってきた天文学の研究体験教室では、必然的に物理学的・化学的内容が多く取り入れられてきた。しかし、その参加者である中学・高校生の充足度・満足度は極めて高く、これを機会に基礎科学としての物理学・化学の重要性に気付き、これらに興味を示す例も少なくない (例えば、志岐 2000 年, 天文月報, 93 巻, pp.24-28; 西浦 2003 年, 天文月報, 96 巻, pp.7-13)。本研究代表者は、東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター木曽観測所(以下、木曽観測所)が実施している観測天文学の研究体験教室「銀河学校」の運営に携わり、多くの高校生が天文学と物理学・化学が深く関連している事実に気付き、物理的・化学的観点から天体の実体解明に挑む過程を目の当たりにしてきた。また、この 10 年間、東京学芸大学・文教大学・三重大学・日本女子大学の学部生を対象に実施している天体観測と観測画像解析の実習において、彼らが天体画像の「色」から、その天体の物理学的・化学的性質を考察できることに驚く現場に立ち会ってきた。これらを背景に、本研究代表者は、カラー画像を用いた天体の実体解明から、トップ・ダウン的に物理学・化学を学ぶ教材やカリキュラムの構築可能性を着想した。

2. 研究の目的

本研究の主な目的は、理科の地学領域の「天体」と、物理学領域の「原子構造」そして化学領域の「イオン」を関連付け、科目横断的な学習を通して、天体の実体解明を体験できる教材を開発し、その効果を検証することである。

例えば、HII 領域や惑星状星雲・超新星残骸と呼ばれる星雲状天体は、その色鮮やかさから様々なメディアで頻繁に取り上げられるが、この可視光波長域での「色」の多くは、これらが持つ電離ガス、即ちイオンに由来した輝線である。その代表的な輝線は、水素イオンによる H γ 6763(以下、H γ)と H δ 4861(以下、H δ)、酸素イオンによる[OIII] 4959,5007(以下、[OIII])、窒素イオンによる[NII] 6548,6583(以下、[NII])、そして、硫黄イオンによる[SII] 6716,6731(以下、[SII])などである。

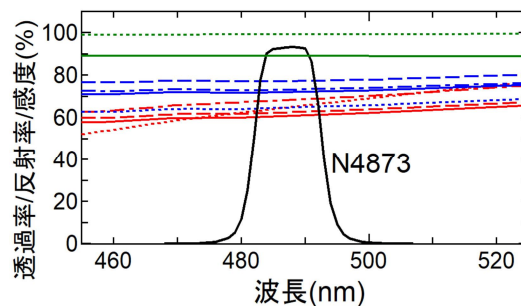
特に H γ と H δ は同じ水素イオンに由来しながらも、その波長の大きな違いから、星間物質に対する散乱・吸収の度合いが異なるため、星間減光量、つまり、星間物質の存在量の議論に最適である。また、水素イオンが生じるための電離エネルギーが 13.6 eV であるのに対して、[OIII]の起源である 2 階電離の酸素イオンが生じるための電離エネルギーは 35.1 eV と水素イオンの倍近くのエネルギーが必要となるため、[OIII]の放射には、H γ や H δ の放射よりも高いエネルギー状態が必要であることが分かる。

従って、これらの輝線に対応した天体画像は、自然科学への興味を喚起する色鮮やかな天体写真と言うだけでなく、その天体の物理的・化学的な実体を内包したイオン画像と見なすことができる訳である。このような天体のイオン画像から、物理学領域の「原子構造」と化学領域の「イオン」を学ぶことによって、天体の実体解明を行える教材開発とその検証を試みる。

表 1. N4873 フィルターの仕様

仕様項目	値
中心波長	487nm
ピーク波長	488nm
バンド幅	10.9nm
帯域	481.8nm - 492.7nm
最大透過率	96.2 %

注) 帯域は透過率が最大値の 50%以上の波長帯を示す。



右) 図 1. N4873 の透過率(実線)と、105cm シュミット鏡の主鏡反射率(緑実線)、補正板透過率(緑点線)、KWFC の CCD チップ#0 ~ #3(各赤線)と#4 ~ #7(各青線)の感度。

3. 研究の方法

(1) 観測装置：

本研究には、様々な輝線に対応した狭帯域フィルターと、銀河系内星雲や系外銀河の多くを空間的に分解できる広視野が必要である。これを満たす観測装置として、木曽観測所の 105 cm シュミット望遠鏡と木曽広視野カメラ(Kiso Wide Field Camera = KWFC)を用いた。また、KWFC の狭帯域フィルターには、H γ +[NII]に対応した N6590 フィルター、[OIII]と[SII]に対応した N5013 フィルターと N6750 フィルターが用意されているが、H δ に対応した狭帯域フィルターが存在しないため、本研究費によって、これを作成した(N4873 フィルターと命名)。これによって、F3.1、視野約2度角四方、ピクセル分解能 0.946 秒角/pixel の多輝線広視野撮像観測が可能となった。表 1 に狭帯域 N4873 フィルターの基本仕様、図 1 に N4873 の透過率と、木曽観測所 105cm シュミット望遠鏡と KWFC に関する光学系の波長特性を示した。図 1 から N4873 帯域中において、望遠鏡やカメラの各特性に急激な変化は認められないことが確認できた。

(2) サンプル天体と観測及び画像処理：

KWFC は、約 $4K \times 2K$ の画素を持つ CCD チップ 8 枚(それぞれ #0 ~ #7 と呼ばれる)からなる(Sako et al. 2012, SPIE, 8446, article id. 84466L, 11pp.). しかし、同じ 1 枚の CCD チップであっても輝度に対する応答性が、上半分と下半分で異なり、画像に不自然な段差が生じることが東京大学の峰崎によって指摘されていた(諸隈 2013, “解析マニュアルの整備”, 木曾シュミットシンポジウム 2013). また、狭帯域フィルターは、観測所や研究テーマ毎に異なる仕様で作成されるため、等級較正のための標準星というものが存在しない。このような N4873 フィルターを用いた KWFC による天体画像の評価のために、2017 年 5 月 5 日に KWFC の #0 から #7 の各チップで分光測光標準星 PG0934+554 (Massey et al. 1988, ApJ, 328, pp.315-333)を、2018 年 1 月 27 日には近傍渦巻銀河 M101 の狭帯域 N4873 撮像観測を行った。前者の露光時間は各チップ 180 秒、後者は 420 秒露光を 10 回取得した。また、2018 年 1 月 30 日に、応答性の調査のため、様々な照度によるドーム・フラット画像を取得した。

教材用サンプル天体には、当初、銀河系内の星形成領域や超新星残骸、そして、銀河系外天体として近傍銀河や銀河群・銀河団などをそれぞれ数天体ずつ選出した。しかし、木曾観測所の KWFC から次期超々広視野観測装置 Tomo-e Gozen への移行が急速に進んだため、これらサンプル天体の狭帯域撮像観測データを、独自で取得することが困難になった。これに対して、観測データの殆どを、木曾観測所で取得された KWFC のアーカイブ・データに頼ることとし、これによって、星形成領域としてオリオン座大星雲(M42)、ばら星雲、繭星雲(IC5126)、超新星残骸として網状星雲(Cygnus Loop)、銀河系外天体としておとめ座銀河団などの N4873, N5013, N6590、そして、N6750 フィルターによる多色狭帯域撮像データを得ることができた。

これら観測データの画像処理には、アメリカの国立光学天文台で開発・無償配布されている Image Reduction and Analysis Facility (= IRAF)を用いた。

4. 研究成果

(1) N4873 撮像画像の評価：

KWFC の各 CCD チップ上下部分に対して指摘された応答性の違いについて、様々な照度で取得したドーム・フラット画像に対する同一チップの上下それぞれの平均的な応答値(I_{upp} 及び I_{low})を測定した。図 2 に、様々な照度 I_{low} に対する応答性の比 I_{upp}/I_{low} を、KWFC のチップ毎に示した。図 2 からは、照度の全範囲について、同一チップ内であっても、その上下間で 2.5-2.7%程度の応答性の違い、即ち画像の段差が生じることを示している。この違いを僅かなものとして無視すれば、単純な背景光のレベル合わせで、同一チップの上下に生じる段差は解消可能となる。この結果に基づいて、KWFC 撮像観測データの画像解析用スクリプトに、同一チップの上下間のレベル合わせを行う機能を実装した。

次に、分光測光標準星 PG0934+554 を用いて算出した等級のゼロ点 ZERO(SP)と、PG0934+554 の周辺に位置する数十個の恒星の Sloan Digital Sky Survey (= SDSS)の測光値から算出した等級のゼロ点 ZERO(PT)を比較した。ZERO(PT)の導出の際には、1) N4873 の透過率は同じ帯域を持つ矩形型、2) 恒星の SED (= spectral energy distribution)は SDSS の測光値を直線で補完したもの、と仮定することで、簡便に等級較正を可能にする手法を用いた(西浦ほか 2014 年, 東京学芸大学紀要 自然科学系, 66, pp.53-60)。表 2 に、これら等級のゼロ点の差 $ZERO = ZERO(SP) - ZERO(PT)$ を KWFC のチップ毎に示した。表 2 からは、どの CCD チップにおいても、ZERO が誤差の範囲以上に小さく、ZERO(PT)が ZERO(SP)よりも大きな値となることを示している。

最後に、M101 領域の N4873 撮像データを用いて、積分時間 70 分に対する限界輝度を求めた。限界輝度は、背景光揺らぎの 1 に相当する輝度とし、IRAF/imexam を用いて各 CCD チップ毎に測定した。表 2 に測定された限界輝度の値を示した。なお、等級のゼロ点には、ZERO(PT)を採用した。

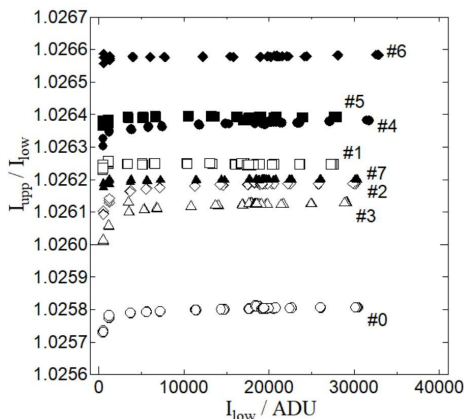


表 2. 等級のゼロ点決定精度と限界輝度

chip	ZERO (mag)	限界輝度(mag/ ”)
#0	- 0.115 ± 0.072	24.63 ± 0.01
#1	- 0.142 ± 0.085	24.64 ± 0.02
#2	- 0.131 ± 0.069	24.66 ± 0.06
#3	- 0.102 ± 0.090	24.61 ± 0.02
#4	- 0.159 ± 0.068	24.40 ± 0.02
#5	- 0.155 ± 0.082	24.35 ± 0.02
#6	- 0.120 ± 0.060	24.37 ± 0.02
#7	- 0.145 ± 0.080	24.31 ± 0.01

注) 限界輝度は積分時間 70 分に対する値

左) 図 2. N4873 撮像における、様々な照度 I_{low} に対する同一 CCD チップ上下の応答性の比 I_{upp}/I_{low} 。#0 から #7 は KWFC の CCD チップ番号を示す。

(2) サンプル天体のイオン画像の作成：

前節で改訂した KWFC の画像解析スクリプトを用いてサンプル天体の画像処理を行い、バッド・ピック

セルの補正, WCSToolsによる位置較正の後, 各 CCD チップによる画像を一つに合成した。図 3 左図に, ばら星雲の N4873 (H α), N5013 ([OIII]), N6590 (H α)による疑似カラーのイオン画像を示した。この図では, H α を青色, [OIII]を緑色, H α を赤色にそれぞれ割り当てている。ばら星雲全体が赤色を呈しているのは, この星雲のほぼ全体に水素イオンが分布しているためである。しかし, 中心に近い領域は黄色くなっており, この場所では酸素の2階電離イオンがより多く存在していることが分かる。水素イオンよりも酸素の2階電離イオンを生じるエネルギーの方が2倍近く高いため, ばら星雲の電離源は, 星雲の中心に分布する若い恒星からなる星団であることが推察される。図 3 中央図および右図は, 左図中の矢印に沿った各輝線強度分布と輝線強度比分布を示している。図 3 中央図からは星雲中央から南東 20 分角あたりで, 全ての輝線強度が小さくなるのが分かるが, 左図から, この位置には暗黒星雲が存在することが分かる。また, 図 3 右図からは, 前述した, 星雲中央部から外縁部に向けて色が黄から赤に変わる傾向を, 水素イオンと酸素イオンに由来する輝線強度比の変化として定量的に理解することができる。さらに, H α /H β の空間分布からは, ばら星雲では, 星雲の中心よりも外側に向かって星間物質がより多く存在する傾向を読み取ることが出来る。このような電離源とイオンが形作る輝線の空間分布は, 本教材のプロトタイプとして, 科目横断的学習に最適な題材である。

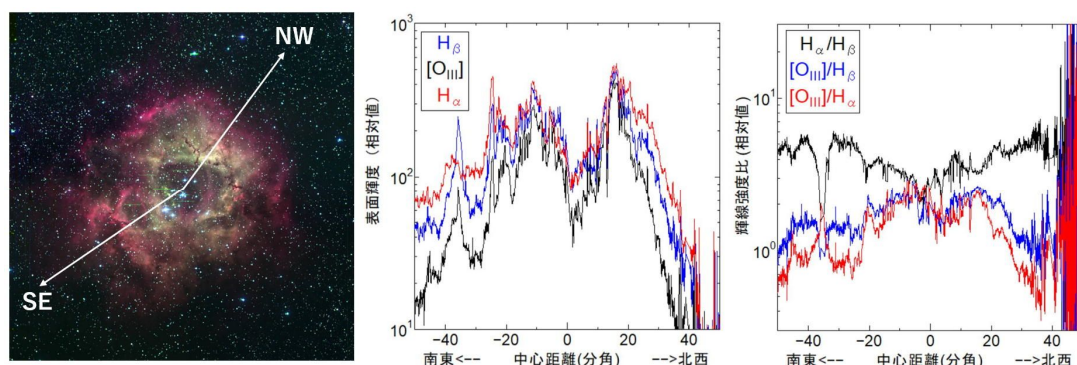


図 3. 左) KWFC によるばら星雲の N4873 (H α), N5013 ([OIII]), N6590 (H α)疑似カラー画像, 視野は約 2 度角四方, 上が北, 左が東, 中央) 左図の白色矢印に沿った各輝線強度分布と, 右) H α /H β , [OIII]/H β , [OIII]/H α の輝線強度比分布。中央図および右図の各輝線強度・強度比は規格化してある。

(3) 天体のカラー画像を用いた自主的グループ学習の実践:

イオン画像に限らず, 天体のカラー画像は, その「色」の起源を考察することで, その天体の実体を理解する教材となり得る(天文学研究者が日常的に行っている有力な研究手段の一つである)。そこで, 天文学の専門知識を殆ど持たない学部 1 年生を対象に, 「天体のカラー画像」から, 自主的なグループ学習を通して, その天体の実体を理解することが出来るか否かを調査した。また, これによって天文学と物理学・化学との関連性に気付くことが出来るか否かも併せて調査した。調査対象は, 東京学芸大学教育学部理科専攻(通称, B 類理科)に属し, 2017 年度春学期の講義「情報」を履修した 1 年生約 40 名である。授業内の実習テーマ「ICT を用いた問題解決」において, 5-6 名を 1 班とし, 各班に 1 天体のカラー画像を配り, フィルターの性質(役割や帯域など)を簡単に説明した。その上で, 「与えられた天体画像の色から, その天体がどのようなものか? 何故, そのような色で観測されるのか?」を調べる(そして, それを WEB ページ形式で紹介・説明する)という課題を与えた。課題遂行のための期間は, 約 2 ヶ月である。

各班に配った天体画像は, イオン画像を含むバラ星雲・かに星雲(M1)・網状星雲(の一部)・回転花火銀河 M101(イオン画像と連続光画像)の 4 天体と, イオン画像を含まない M78・三裂星雲(M)・h-X・回転花火銀河 M101(連続光画像のみ)の 4 天体である。以後, 便宜上, イオン画像を配った履修者等を「甲」群, イオン画像を配られなかった履修者等を「乙」群とする。そして, この実習の開始前と終了後に, 理科の各分野 26 項目と天文学・宇宙科学との関連性の深さを 1 (全く関係無い)~5 (とても深く関係している)の 5 段階で答えさせるアンケートを実施した。アンケート項目は, 「力と運動」「エネルギー」「化学反応」「酸・アルカリ」「植物のつくり」「遺伝」「岩石・鉱物」「天気・気象」「星雲・星団」など主に中学校の理科教科書の単元から選出したものであり, 物理学関連 5 項目, 化学関連 5 項目, 生物学関連 6 項目, 地球科学関連 4 項目, 天文学・宇宙科学関連 6 項目からなる。なお, アンケートの有効回答数は甲群が 21 名, 乙群が 17 名であった。

甲群の各班がまとめた報告には, 不十分ではあるが輝線やイオンに関する記述があり, 一見, 自主的なグループ学習によって, 甲群の天体画像の色に「イオン」が深く関係することを理解できたように見える。だが, これらの報告を詳細に調べてみると, 電離ガス(イオン・ガス)による色(輝線放射による)と, 恒星の表面温度による色(黒体放射による連続放射)を混同しているケースが多く見られた。

そこで次に, アンケート調査から得られた理科の各項目と天文学・宇宙科学の関係性の深さのイメージが, 実習の前後でどのように変わったかを, 図 4 に甲群と乙群に分けて, その平均値で示した。幾つかのマークについては, その項目名を添えた。「太陽・月・惑星」「銀河系・銀河」「膨張宇宙」といった天文学・宇宙科学に直接関わる項目(ピンク色二重丸)は, 実習の前後に拘わらず多くが「5. 深く関係している」と回答しており, 甲乙で違いは見られない。今回の実習内容に深く関係する「原子・分子」「光」「エネルギー」といった項目については, 実習前の段階で「深く関係している」と回答されてい

る。しかしながら、「イオン」については、甲乙共に、多くが「どちらでもない」と回答しつつ、実習後もそのイメージは大きく変わっていない。これは、自主的なグループ学習によって、星形成領域や超新星残骸の「色」に「イオン」が関係していることを見出せたものの、その内容を十分に理解できていないために、「深く関係している」とまでは考えられていないことを示唆している。これは、現在の高等学校の理科が、物理・化学・生物・地学の中からの選択制となっており、科目間の有機的な繋がりが希薄化していることと無関係ではないだろう。

前述したように、天体の「色」はその放射プロセスと深く関わっており、天体の実体理解のためには、放射プロセスに関係する物理的・化学的知識の理解が必要不可欠である。しかし、今回の実践と調査からは、電離ガスと恒星の区別が出来ておらず、インターネット上の至る所に現れる「恒星の色」という情報を自ら求める解答として受け入れてしまう問題点が明らかとなった。これは、基礎的知識が欠如した状態での自主的なグループ学習では、学習者等が自力でこれを理解することは期待できないことを如実に示している。今後は、本教材を、開発したプロトタイプを元にして、現行の高等学校理科に立脚した、天体の実体理解のために必要な最低限の物理学・化学的知識を体系的に学習できる教材・カリキュラムとして、より高い完成度での構築を目指していく。

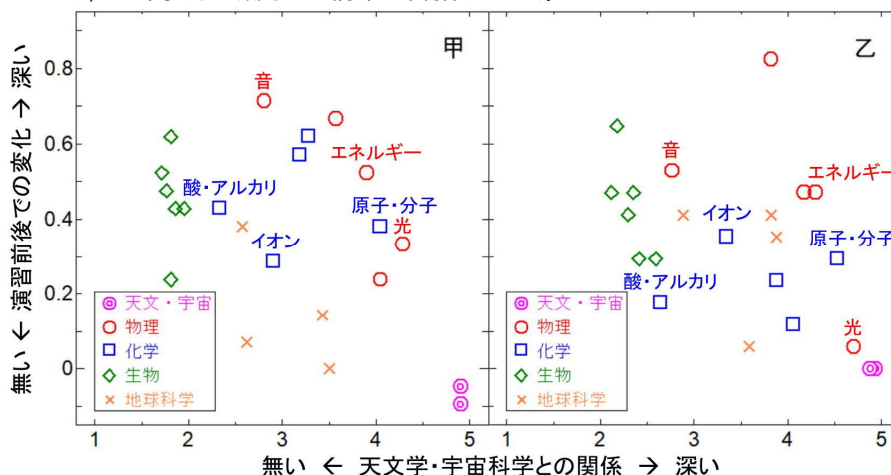


図4. 甲群と乙群の平均的な、実習前後における、理科の各単元と天文学・宇宙科学との関連性のイメージ。横軸が実習前にイメージしていた関係の深さ、縦軸が実習前と実習後の変化量を示す。縦軸の値が大きいくほど、実習前よりも実習後に「より深く関係している」とイメージしていることを示す。

本研究の遂行にあたり、国立天文台の八木雅文氏、東京大学木曾観測所の酒向重行氏、朝日分光の木村俊彦氏からは、狭帯域N4873フィルターの作成について有益なコメントを多数頂いた、この場を借りて御礼申し上げたい。また、木曾観測所副所長の小林尚人氏、同観測所の青木勉氏、征矢野隆夫氏、樽沢賢一氏にはN4873のKWFCへの装填について、また、各サンプル天体の狭帯域撮像観測データの取得では、森由貴氏に多大な協力を頂いた、深く感謝申し上げたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

西浦慎悟, 宮野彩, 根本明宗, 長谷川優子, “木曾 105cm シュミット望遠鏡と木曾広視野 CCD カメラ KWFC による広視野多色狭帯域撮像観測”, 東京学芸大学紀要 自然科学系, 査読無, 70, 2018 年, pp.73-85.

<https://ir.u-gakugei.ac.jp/handle/2309/150093>

広瀬亜紗, 土橋一仁, 下井倉ともみ, 西浦慎悟, “N₂H⁺分子輝線の解析法を学ぶための学部生用天文教材の開発”, 地学教育, 査読有, 70, 2017 年, pp. 63-77.

DOI: 10.18904/chigakukyoku.70.2.63

土橋一仁, 下井倉ともみ, 西浦慎悟, 中田正隆, “小学校理科の授業で天体望遠鏡を使おう! - 初心者によくあるトラブルとその対策 -”, 東京学芸大学紀要 自然科学系, 査読無, 69, 2017 年, pp. 129-135.

<https://ir.u-gakugei.ac.jp/handle/2309/148229>

西浦慎悟, 三戸洋之, 伊藤信成, 山縣朋彦, 濱部勝, 中田好一, “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, 査読無, 68, 2016 年, pp. 73-82.

<https://ir.u-gakugei.ac.jp/handle/2309/145957>

〔学会発表〕(計 14 件)

西浦慎悟, 宮野彩, 根本明宗, 長谷川優子, “木曽 105cm シュミット鏡/KWFC による広視野多色狭帯域撮像観測”, 日本天文学会 2019 年春季年会, V220c, 2019 年.

石井菜摘, 千葉督, 西浦慎悟, 伊藤信成, 山縣朋彦, 濱部勝, “理科を専門とする教員養成系学部学生における天文学に対するイメージ調査”, 日本天文学会 2019 年春季年会, Y08c, 2019 年.

吉田悠人, 土橋一仁, 下井倉ともみ, 西浦慎悟, 上原隼, 直井隆浩, “おうし座分子雲周辺におけるダストの光学的性質の変化”, 日本天文学会 2019 年春季年会, Q20b, 2019 年.

西浦慎悟, 宮野彩, 根本明宗, 長谷川優子, “木曽 105cm シュミット鏡と KWFC による広視野多色狭帯域撮像観測”, 木曽シュミットシンポジウム 2018, 2018 年.

千葉督, 石井菜摘, 西浦慎悟, 柏木雄太, 三澤瑠花, “木曽 105cm シュミット望遠鏡と 2kCCD カメラによる狭帯域撮像データの解析方法の再考”, 木曽シュミットシンポジウム 2018, 2018 年.

西浦慎悟, 山縣朋彦, 伊藤信成, 濱部勝, “時間変動データを用いた自主学習型解析体験教材の開発～小惑星探査と視差”, 木曽シュミットシンポジウム 2018, 2018 年.

石井菜摘, 千葉督, 西浦慎悟, 伊藤信成, 山縣朋彦, 濱部勝, “理科を専門とする教員養成系学部学生における天文学に対するイメージ調査～2kCCD による画像を用いて”, 木曽シュミットシンポジウム 2018, 2018 年.

西浦慎悟, 山縣朋彦, 伊藤信成, 濱部勝, “時間変動データを用いた自主学習型解析体験教材の開発 I. 小惑星探査と視差”, 日本天文学会 2018 年春季年会, Y09c, 2018 年.

土橋一仁, 下井倉ともみ, 西浦慎悟, “小学校の授業で天体望遠鏡を使おう! 初心者によくあるトラブルと対策”, 日本天文学会 2017 年秋季年会, Y07b, 2017 年.

戸塚都, 川端弘治, 深沢泰司, 西浦慎悟, 平賀純子, “X 線光度の異なる楕円銀河周辺における矮小銀河の分布”, 日本天文学会 2017 年秋季年会, R25a, 2017 年.

西浦慎悟, 伊藤信成, 山縣朋彦, 濱部勝, “観測データの教材化と Tomoe-Gozen 時代の観測実習”, 木曽シュミットシンポジウム 2017, 2017 年.

伊藤信成, 山縣朋彦, 濱部勝, 西浦慎悟, “分光データを用いた自主学習型解析体験教材の開発”, 日本天文学会 2016 年秋季年会, Y14c, 2016 年.

西浦慎悟, 佐藤唯香, 長谷川優子, 根本明宗, 宮野彩, 柏木雄太, “近傍渦巻銀河の狭帯域撮像観測と H α フィルター”, 木曽シュミットシンポジウム 2016, 2016 年.

西浦慎悟, 三戸洋之, 伊藤信成, 山縣朋彦, 濱部勝, 中田好一, “Kiso105+2kCCD+4 度リズムによる対物分光データの教材化. II”, 木曽シュミットシンポジウム 2016, 2016 年.

〔その他〕(計1件)

- ・ 画像解析実習用 FITS データ集

<http://astro.u-gakugei.ac.jp/nishiura/edu/edu-fits.html>

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。