

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：12604

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24654046

研究課題名(和文)最新広視野観測装置による近傍渦巻銀河周辺部における星生成領域探査

研究課題名(英文) Searching star forming regions around nearby spiral galaxies with new wide field imaging camera

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) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：近傍渦巻銀河領域の星生成領域を探索するため、可視広視野撮像装置(東京大学木曾観測所105cmシュミット望遠鏡およびKiso Wide Field Camera [=KWFC])用に調整した、電離水素(H $\alpha$ )輝線と電離酸素([OIII])輝線に対応した大型狭帯域フィルターを作成した。分光測光標準星と近傍渦巻銀河の観測から、等級のゼロ点決定の精度と狭帯域フィルターによる限界輝度を導出した。また、広帯域画像から作成した連続光画像と狭帯域画像から得たM100のH $\alpha$ 輝線画像から、この領域に計28個のH $\alpha$ 輝線源を検出した。

研究成果の概要(英文)：To search of star forming regions around nearby spiral galaxies, we prepared large narrow-band filters for emission lines generated from ionized hydrogen (H $\alpha$ ) and ionized oxygen ([OIII]) installed the 105cm Schmidt telescope and the Kiso Wide Field Camera (= KWFC) at Kiso Observatory, University of Tokyo. From observations of spectroscopic standard stars and nearby spiral galaxy, I obtained measurement errors of decisions of magnitude zero-points and limiting surface brightnesses in narrow-band observations. I also obtained H $\alpha$  emission line image of M100 from narrow band image and continuum one made from broad band them, and found 28 H $\alpha$  sources in this region.

研究分野：銀河天文学

キーワード：系外銀河 星生成領域 狭帯域撮像観測 広視野撮像観測

### 1. 研究開始当初の背景

従来のパラダイムでは、星生成プロセスは、金属量が豊富な星間物質が低温かつ高密度な状態に集まったガス雲中において発現する。これに対して 1990 年代末に、幾つかの渦巻銀河の光学半径外に、大質量星形成を示唆する電離水素起源の H 輝線源が複数発見され、また、我々の銀河系においても、その外縁部の分子雲中で大質量星生成の兆候が確認された。一般に銀河外縁部は、星間物質の密度が極めて低く、また金属量も著しく低い領域であり、このような場所における星生成、特に大質量星の生成は想定外の現象であった。また、ケース・スタディではあるが、渦巻銀河の初期質量関数の大質量側の上限值が、親銀河の渦巻腕の形態によって異なる可能性も示されている。渦巻腕の形態は、密度波起源のグランド・デザイン型と確率的星生成伝播起源のフロキュレント型に大別されるが、これと銀河外縁部の星生成領域を合わせると、銀河外縁部における星生成が、親銀河の性質に支配されている可能性が考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究の最終的な目的は、低密度・低金属量な銀河外縁部に存在する星生成領域の性質を統計的に調査することで、従来の星生成パラダイムを検証することである。特に、今までに行われてきた銀河外縁部における星生成領域の研究は、その多くがケース・スタディであり、まずは、より多くの様々な銀河に対する系統的な探索から、様々な親銀河に対する銀河外縁部の星生成領域サンプルを増やす必要がある。その上で、銀河外縁部における星生成活動とその親銀河の性質の関連性を調査する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 観測機器の整備：

本研究遂行のためにまず必要なのは、銀河外縁部に存在する星生成領域を探索するための観測機器の整備である。

#### 望遠鏡およびカメラ：

銀河の星生成領域を調べるためには、これらのある程度、空間的に分解して捉えなければならない。そのために、観測サンプルは、近傍に存在する銀河の中から選出することになる。しかし、近傍銀河は天球上における見かけ上のサイズが大きいため、観測装置としては、極めて広い視野を持つものを使用する必要がある。そこで、本研究では、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曾観測所(以下、木曾観測所)が有する 105cm シュミット望遠鏡(以下、木曾シュミット鏡)と可視光超広視野カメラ Kiso Wide Field Camera(=KWFC)を使用した。KWFC を搭載した木曾シュミット鏡は、約 2 度角 × 2 度角という世界屈指の広視野を持つため、

本研究に最適な観測装置である。

#### 狭帯域フィルターの作成：

一般に星生成領域では、星間物質が大質量星からの紫外線によって電離され、様々なイオンを起源とする輝線が観測される。星生成領域から特に強く放射される輝線は、電離水素起源の H 6563 輝線(以下、H 輝線)と電離酸素起源の [OIII] 4959, 5007 輝線(以下、[OIII]輝線)である。従って、銀河外縁部に星生成領域を探索するには、これら二つの輝線に対応した狭帯域撮像観測が最も効率的である。

そこで、これら二つの輝線に対応した狭帯域フィルターを作成した。狭帯域フィルター N5013 は [OIII]輝線、N6590 は H 輝線の波長帯に対応する。これらの仕様決定に際しては、星形成領域の内部運動速度を 30km/s、銀河回転速度を 350km/s、銀河の視線方向の運動速度を -300km/s - 2500km/s と仮定し、この条件の下で、強度が最大値の 50%以上となる輝線成分がフィルターの帯域に含まれるようにした。表 1 に狭帯域フィルター N5013 と N6590 の基本仕様をまとめ、図 1a と図 1b に、N5013 と N6590 の透過曲線を、それぞれ示した。

表 1 狭帯域フィルターの基本仕様

	N5013	N6590
中心波長	659.9 nm	501.3 nm
ピーク波長	658.5 nm	501.1 nm
バンド幅	16.3 nm	16.8 nm
帯域	651.8 nm -668.1 nm	492.9 nm -509.7 nm
最大透過率	94.0 %	91.6 %

図 1a、1b には、木曾シュミット鏡の主鏡の反射率、補正板の透過曲線、KWFC 各チップの上部および下部の波長感度、広帯域 B、V、Rc、SDSS-g、r、i フィルターの透過曲線も併記した。特に、狭帯域フィルターの帯域内における、主鏡・補正板・CCD チップの急激な波長特性の変動は、画像解析に複雑な手順を要求することがあるが、図 1a、1b は、その必要が無いことを示している。

なお、輝線成分の検出を目的とする狭帯域撮像観測では、連続光成分を差し引くために、別途、連続光画像が必要になる。本研究では、連続光用の狭帯域フィルターが用意できないため、複数の広帯域撮像データから連続光画像を作成することを試みる。

#### KWFC 各 CCD チップの感度特性の確認：

KWFC は 4k × 2k フォーマットの CCD チップを 8 枚モザイクすることで、広視野撮像観測を可能にしている。これら 8 枚の CCD チップには chip#0 から chip#7 まで番号付けされており、chip#0、#1、#2、#3 は MIT 製、chip#4、#5、#6、#7 は SITe 製で、両者の波長感度は短波長側で大きく異なる。また、同じ CCD チップであっても、上部(北半分)と下部(南半

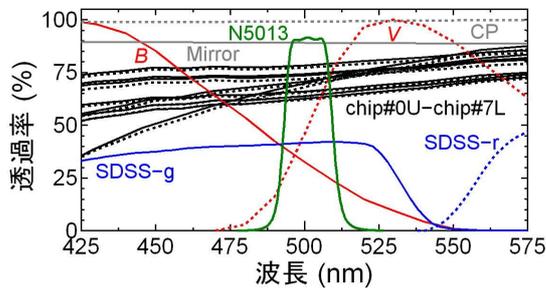


図 1a N5013 フィルターの透過曲線(緑色実線)。グレー実線とグレー点線は、木曾シュミット鏡の主鏡の反射率と補正板の透過曲線、黒実線と黒点線は KWFC 各 CCD チップの上部および下部の波長感度を示す (CCD チップの番号は省略した)。赤実線と赤点線は広帯域 B および V フィルターの透過曲線(最大値で規格化)、青実線と青点線は広帯域 SDSS-g および r フィルターの透過曲線(最大値の 50%で規格化)である。

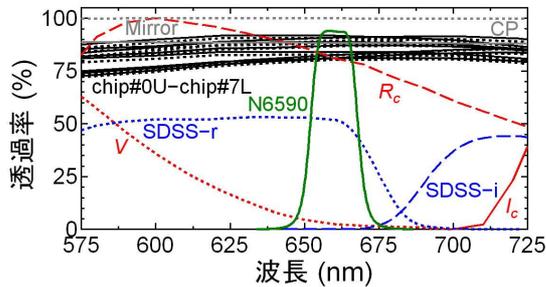


図 1b N6590 フィルターの透過曲線(緑色実線)。グレー実線とグレー点線、黒実線と黒点線については図 1a に同じ。赤破線と青破線は広帯域 Rc フィルター(最大値で規格化)と SDSS-i フィルター(最大値の 50%で規格化)の透過曲線を示す。

分)で、同じ光量に対する感度特性が異なることが指摘された。このため、従来の画像解析方法では、同じ CCD チップの上部と下部でレベル差が生じる。

そこで、この感度特性の詳細な情報を得るために、2014年3月26日、6月3日、6月4日に、木曾シュミット鏡と KWFC を用いて、ドーム・フラット用ランプの照度を様々に変えたドーム・フラット画像を取得した。フィルターは、N5013、N6590 に加えて、広帯域 V および SDSS-i を用いた。そして、Image Reduction and Analysis Facility(=IRAF)を用いた典型的な画像処理後、同一 CCD チップの上部と下部のカウント数 Count(upp)と Count(low)を、それぞれ測定した。

図 2a に MIT 製チップ(chip#0-#3)、図 2b に SITe 製チップ(chip#4-#7)の各フィルターにおける、Count(low)に対する Count(upp) / Count(low)を示した。これらから、KWFC の有効な照度範囲(0-35,000 ADU)において、chip#0、#1、#2、#3 では最大で約 0.5%、約 1.5%、約 1-2%、約 2%、chip#4、#5、#6、#7 では最大で約 0.5-1.5%、約 0.5%、約

0.5%、約 0.5%の感度特性の違いが生じ得ることが確認できた。

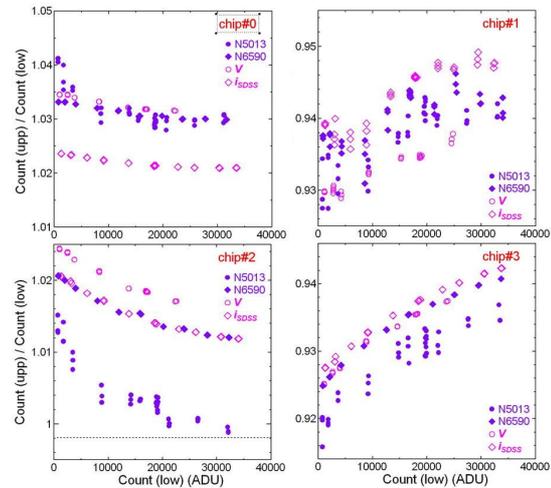


図 2a MIT チップ(chip#0-#3)と N5013(紫丸印)、N6590(紫菱形)、V(ピンク丸印)、SDSS-i(ピンク菱形)フィルターによる、Count(low) に対する Count(upp) / Count(low)。これが一定に近いほど、CCD チップの上部と下部で感度特性の違いが小さいことを意味する。

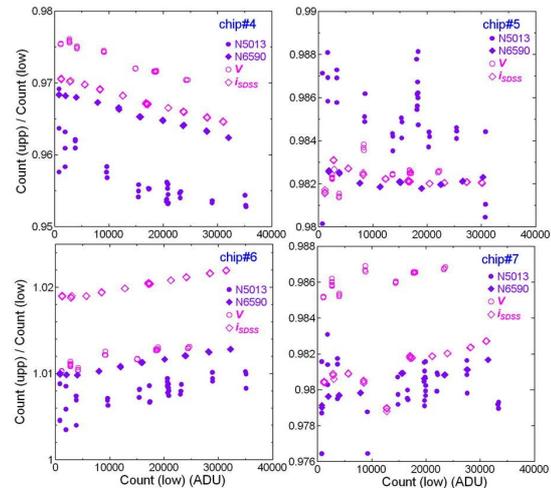


図 2b SITe チップ(chip#4-#7)における Count(low) に対する Count(upp) / Count(low)。マークは図 2a に同じ。

この結果から、殆どのチップにおける上部と下部の感度特性の違いが、最大でも 2%程度であることが分かり、本研究の画像解析においては無視できるものと判断した。

## (2) 画像解析スクリプトの作成 :

KWFC を用いた観測では、一晩に取得される画像データ容量が数 10GB にも及び、加えて 8 つのチップの特性が少しずつ異なる。そのため、この大量の観測データを効率的に処理するための画像解析スクリプトが必要となる。

特に前節の結果から、基本的な画像解析は、

従来通りの典型的な手法で可能である。ただし、処理の最初の段階で各チップの画像を上下に分割して各画像処理を行い、最後に上下画像を合一するという手順が必要となる。

画像解析スクリプトは、UNIX 互換 OS のシェルから IRAF を呼び出す形で記述し、比較の高い汎用性を持たせた。

### (3) 観測サンプル :

#### 渦巻銀河サンプル :

星生成活動は、一般に渦巻銀河において活発である。そして、今回作成した 2 つの狭帯域フィルターでは、銀河の後退速度として  $-300\text{km/s} - 2500\text{km/s}$  を前提条件としているため、これらを考慮して、6 個の近傍渦巻銀河を観測サンプルとして選出した。表 2 に渦巻銀河サンプルの基本的な性質を示した。

表 2 渦巻銀河サンプル

銀河名	形態	後退速度	距離
NGC 925	SABd	553 km/s	8.58 Mpc
IC 342	SABcd	31 km/s	3.35 Mpc
NGC 2403	SABcd	133 km/s	3.48 Mpc
M100	SABbc	1571 km/s	16.6 Mpc
M101	SABcd	241 km/s	6.81 Mpc
NGC 6946	SABcd	40 km/s	5.68 Mpc

#### 分光測光標準星サンプル :

狭帯域フィルターは、一般に各々の研究目的に即した仕様で作成されるため、通常、等級較正を行うためには、分光測光標準星を観測する。しかし、KWFC を構成する 8 つのチップがそれぞれ波長感度が異なること、日本の気象条件が不安定であること、そして、分光測光標準星が必ずしも多くなく、かつ、KWFC の 1 観測視野内に 1 つしかない状況を踏まえると、観測視野内に写った恒星の測光データに基づいて等級較正を行う方が現実的である。そこで、本研究では、観測対象である近傍渦巻銀河と同一視野内に写った恒星の、スローン・デジタル・スカイ・サーベイ (SDSS=Sloan Digitized Sky Survey) ・データ・リリース 9 による測光値を用いて等級較正を行った。

この際にまず、計算を簡便にするために、本来ガウス型に近い狭帯域フィルターの透過曲線を、同じ最大透過率・帯域を持った矩形型とし、恒星の分光的エネルギー分布 (SED=spectral energy distribution) は、SDSS から得られたフラックス密度を線形補間したものと同価であると仮定した。図 3 に本研究で施した等級較正の概念図を示した。図 3 が示すように、狭帯域フィルターによって得られる恒星のフラックスは、直線近似された SED と矩形のフィルター透過率で囲まれた台形の面積となる。

しかしながら、この方法による等級較正の精度は未知であるため、実際に分光測光標準星の狭帯域撮像を行って調査する必要がある。

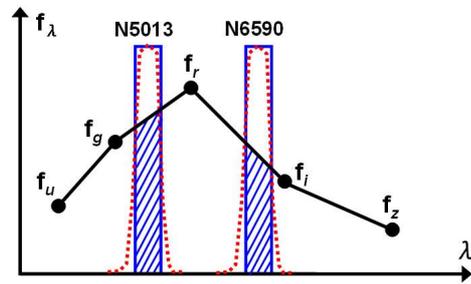


図 3 本研究で施した等級較正の概念図。横軸は波長、縦軸はフラックス、もしくは透過率を示す。黒丸は SDSS による恒星の測光値で、黒実線はそれを線形補間して得られる恒星の SED、赤点線は狭帯域フィルター N5013 と N6590 の透過曲線、青矩形はこれらと同じ帯域を持つ狭帯域フィルターの透過曲線を示す。青斜線部の面積は、N5013 および N6590 を透過する恒星からのフラックスを示す。

このための分光測光標準星サンプルとして、観測時期を考慮し、PG0934+554 と BD+284211 を選出した。これらの SED に狭帯域フィルターの透過曲線をコンボリューションし、PG0934+554 の  $AB_{N5013}=12.522$  と BD+284211 の  $AB_{N6590}=10.370$  を得た。

### (4) 観測 :

2013 年 5 月から 2014 年 3 月までの 9.5 晩で、表 2 の渦巻銀河サンプルに対する狭帯域 N5013、N6590 撮像観測と広帯域 B、SDSS-g、SDSS-r、SDSS-i 撮像観測を行った。また、分光測光標準星 PG0934+554 の N6590 撮像観測および BD+284211 の N5013 撮像観測を行った。

### (5) 画像解析および等級較正 :

画像解析には、作成したシェル・スクリプトから IRAF を用いた。最初に KWFC 各チップの画像を上部と下部に分割し、典型的な画像処理として、バイアス成分の差し引き、オーバー・スキャン領域を用いたバイアス・レベルの補正、フラット・フィールドイング(感度ムラ補正)、背景光除去、を行った。そして、背景光除去後に上下画像を再度合一した。等級較正は、サンプル銀河と同じ視野に写った 10 数-20 数個の恒星の、SDSS による測光値を内挿して N5013 および N6590 の帯域に対する AB 等級を算出し、これと開口測光の値を比較することによって行った。

## 4 . 研究成果

### (1) 等級較正精度の確認 :

分光測光標準星 BD+284211 の N5013 撮像データと PG0934+554 の N6590 撮像データから、IRAF/APPHOT による開口測光を行い、KWFC 各チップに対する等級のゼロ点 ZERO(SP)を導出した。また、分光測光標準星周辺に存在する 10 数-20 数個の恒星に対して、SDSS-g、SDSS-r の測光値の内挿から  $AB_{N5013}$ 、SDSS-r、SDSS-i の測光値の内挿から  $AB_{N6590}$  を算出し、

これと IRAF/APPHOT を用いた開口測光値を比較することで等級のゼロ点 ZERO(PH) を導出した。表 3 に、N5013 および N6590 撮像に対するゼロ点 ZERO(SP) と ZERO(PH) の差 ZERO(SP)-ZERO(PH) を示した。

表 3 から、一つの分光測光標準星から得た等級のゼロ点 ZERO(SP) と、10 数個から 20 数個の恒星と簡易化のための幾つかの仮定を用いて得られる等級のゼロ点 ZERO(PH) の差は、N5013 および N6590 のいずれにおいても 0.01-0.05 程度であることが分る。従って、本研究で行った方法では、この精度で等級較正が可能であると考えられる。

表 3 狭帯域撮像に対する等級のゼロ点の差

chip	ZERO(SP) - ZERO(PH)	
	N5013 撮像	N6590 撮像
#0	-0.007 mag	-0.026 mag
#1	-0.057 mag	-0.029 mag
#2	-0.020 mag	-0.041 mag
#3	+0.012 mag	-0.025 mag
#4	+0.019 mag	-0.032 mag
#5	-0.020 mag	+0.003 mag
#6	-0.006 mag	-0.044 mag
#7	-0.036 mag	-0.039 mag

(2) 限界表面輝度の導出 :

近傍渦巻銀河 M101 の N5013(露光時間 60min) および N6590(露光時間 32min) 撮像観測データから、それぞれの限界表面輝度を反映する値として、各チップ画像における背景光揺らぎの 1 に相当する値を、IRAF/imexam を用いて測定した。表 4 にチップ毎の限界表面輝度の値を示した。

表 4 狭帯域撮像観測の限界表面輝度

chip	限界表面輝度 (ABmag/arcsec <sup>2</sup> )	
	N6590 (t <sub>exp</sub> =32m)	N5013 (t <sub>exp</sub> =60m)
#0	24.96 ± 0.06	25.70 ± 0.01
#1	25.04 ± 0.05	25.72 ± 0.06
#2	24.91 ± 0.06	25.45 ± 0.02
#3	24.86 ± 0.02	25.41 ± 0.06
#4	24.39 ± 0.05	24.99 ± 0.02
#5	24.53 ± 0.05	25.02 ± 0.05
#6	24.31 ± 0.02	25.05 ± 0.02
#7	23.99 ± 0.03	25.00 ± 0.01

(3) M100 領域の H 輝線源探索

近傍渦巻銀河 M100 領域の狭帯域 N6590(露光時間 1200s) および広帯域 SDSS-r(露光時間 540s)、SDSS-i(露光時間 720s) 撮像データを用いて、この領域の H 輝線源を探索した。

H 輝線画像の作成 :

M100 領域の N6590 画像から、H 輝線成分を取り出すために、M100 の SDSS-r および SDSS-i を用いて、連続光画像を作成した。図 1b から分るように、N6590 フィルターの帯域は、SDSS-r フィルターの帯域と SDSS-i フィルターの帯域のほぼ中間にあたる。従って、

SDSS-r 画像と SDSS-i 画像の中の恒星の測光値を内挿することで、N6590 画像に対する精度良い連続光画像が作成できることが期待できる。具体的には、これら三つの画像それぞれから Source Extractor (= SExtractor) を用いて恒星を検出し、最小二乗法を用いて、N6590 での恒星の測光値を再現するために必要な SDSS-r と SDSS-i の測光値への重みを導出し、この値を用いて N6590 用連続光画像を作成した。この連続光画像を N6590 画像から差し引くことで、H 輝線画像を得た。図 4 に、M100 の chip#2 の H 輝線画像を示した (M100 周辺部を拡大している)。

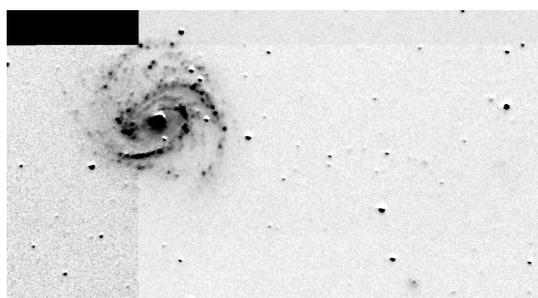


図 4 KWFC chip#2 による M100 の H 輝線画像の一部。上が北、左が東。

H 輝線源の検出 :

M100 領域の H 輝線画像に対して、SExtractor を用いて、H 輝線源の検出を行った。当初の検出天体の中から、まず、目視によってノイズと恒星の引き残りを取り除き、続いて NED (= NASA/IPAC Extragalactic Database) のデータベースと比較することで、既知の銀河を除いた。これによって、計 28 個の H 輝線源サンプルを得た。

これらについて、M100 までの距離 16.6 Mpc から H 光度を求め、さらに、これらの位置を M100 の R<sub>25</sub> (= 3.7 arcmin) 内外で分けた。図 5 に H 光度分布図を掲げた。図 5 中には、銀河系内の典型的な星形成領域である M42 の H 光度 (~ 10<sup>37</sup> erg/s) を矢印で示した。

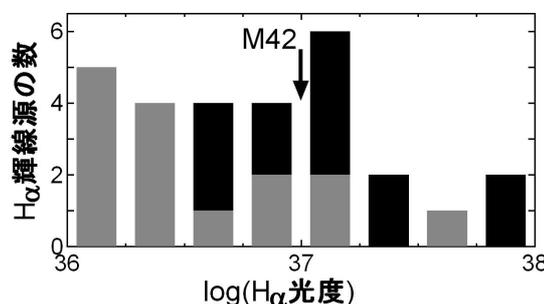


図 5 M100 領域の H 輝線源の H 光度分布。黒色は M100 の R<sub>25</sub> 内、グレーは R<sub>25</sub> 外に位置することを示す。

M100 は、本研究で想定する範囲で最も遠くに位置する銀河の一つである。この M100 に

対して、N6590 による 20 分程度の露光時間による狭帯域撮像と、各 10 分程度の広帯域 SDSS-r および SDSS-i 撮像観測から、M42 相当の星生成領域を検出することができる。ただし、本画像データの典型的シーイング・サイズ  $\sim 4.5$  srcsec から算出される点源の実サイズは  $\sim 360$  pc であり、M42 の実サイズ  $\sim 5$  pc に比べて非常に大きい。そのため、本研究で検出できる H 輝線源は、単体の星生成領域というよりは、複数の星生成領域をまとめて 1 つとして検出したものと思われる。

今後、M100 領域については、より長い露光時間のデータを取得し、N5013 撮像データも併せた議論を行う。また、他の近傍渦巻銀河領域の解析も進める。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3 件)

西浦慎悟、根本明宗、宮野彩、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 659nm 帯撮像観測、東京学芸大学紀要 自然科学系、第 66 集、2014、pp. 53-60  
<http://hdl.handle.net/2309/136932>

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、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、査読無、第 65 集、2013、pp. 23-33  
<http://hdl.handle.net/2309/134190>

西浦慎悟、濱部勝、伊藤信成、山縣朋彦、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、査読無、第 64 集、2012、pp. 45-53  
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009478165>

[学会発表](計 12 件)

西浦慎悟、KWFC 用狭帯域フィルター～H および[OIII]～、木曾シュミット・シンポジウム 2014、2014 年 7 月 11 日、国立天文台(東京都・三鷹市)

長谷川優子、佐藤裕真、西浦慎悟、近傍渦巻銀河外縁部の HII 領域探索、木曾シュミット・シンポジウム 2014、2014 年 7 月 10 日-11 日、国立天文台(東京都・三鷹市)

西浦慎悟、山縣朋彦、濱部勝、伊藤信成、Kiso105+2kCCD 狭帯域撮像データによる学生実習例、木曾シュミット・シンポジウム 2014、2014 年 7 月 10 日-11 日、国立天文台(東京都・三鷹市)

西浦慎悟、木曾 105cm シュミット/KWFC による 659nm 狭帯域撮像、日本天文学会 春季年会、V235c、2014 年 3 月 19 日-22 日、国際基督教大学(東京都・三鷹市)

西浦慎悟、柏木雄太、土橋一仁、伊藤信成、三戸洋之、樽沢賢一、中西裕之、森由貴、宮田隆志、原正、山縣朋彦、濱部勝、天文分野を対象とした自主学習型解析体験教材の開発 III、日本天文学会 春季年会、Y11c、2014 年 3 月 19 日-22 日、国際基督教大学(東京都・三鷹市)

伊藤信成、山縣朋彦、濱部勝、西浦慎悟、三戸洋之、天文分野を対象とした自主学習型解析体験教材の開発 IV、日本天文学会 春季年会、Y10a、2014 年 3 月 19 日、国際基督教大学(東京都・三鷹市)

伊藤信成、山縣朋彦、濱部勝、西浦慎悟、三戸洋之、天文分野を対象とした自主学習型解析体験教材の開発 II、日本天文学会 秋季年会、Y13b、2013 年 9 月 10 日、東北大学(宮城県・仙台市)

西浦慎悟、酒向重行、八木雅文、KWFC 用狭帯域フィルター～H ～、木曾シュミット・シンポジウム 2013、2013 年 7 月 10 日、木曾群民会館(長野県・木曾郡木曾町)

西浦慎悟、中西裕之、樽沢賢一、三戸洋之、森由貴、宮田隆志、原正、伊藤信成、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、木曾シュミット・シンポジウム 2013、2013 年 7 月 9 日-10 日、木曾群民会館(長野県・木曾郡木曾町)

伊藤信成、山縣朋彦、濱部勝、西浦慎悟、三戸洋之、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、日本天文学会 秋季年会、Y05b、2012 年 9 月 20 日、大分大学(大分県・大分市)

西浦慎悟、KWFC 用狭帯域フィルター(案)、木曾シュミット・シンポジウム 2012、2012 年 7 月 11 日、木曾勤労者福祉センター(長野県・木曾郡上松町)

西浦慎悟、濱部勝、伊藤信成、山縣朋彦、Kiso105+2kCCD 広帯域撮像データによる学生実習例、木曾シュミット・シンポジウム 2012、2012 年 7 月 10 日-11 日、木曾勤労者福祉センター(長野県・木曾郡上松町)

## 6. 研究組織

### (1) 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：5 0 3 7 2 4 5 4