

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K03914

研究課題名（和文）惑星状星雲の多波長三次元分光データ解析による恒星風質量放出の解明

研究課題名（英文）Investigation into Stellar Mass Loss Based on Three-Dimensional Multiwavelength Spectroscopic Data of Galactic Planetary Nebulae

研究代表者

大塚 雅昭（OTSUKA, Masaaki）

京都大学・理学研究科・特定助教

研究者番号：70399286

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：惑星状星雲の可視三次元分光データを用いて、星周殻内のガスとダストの物理量空間分布を調査し、中小質量星の恒星風質量放出を定量的に解明することを目指した。独自に開発した手法を駆使し、以下の知見を得た。（1）ガス・ダスト質量の空間分布は一様ではなく、赤道に沿って質量が集中している。AGB星段階での非等方な大規模質量放出が赤道トーラス構造を形成し、それがその後の小規模質量放出の方向性や非球対称星雲殻形成を駆動していると考えられる。（2）ガス-ダスト質量比は星周殻内で空間的に大きく変化している。（3）元素組成の空間分布は非一様性は星周殻形成史と中心星進化史を反映している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、惑星状星雲におけるガスとダストの物理量空間分布を可視三次元分光観測のみで明らかにし、中小質量星の質量放出メカニズムと惑星状星雲の形成過程を定量的に解明した点で学術的新規性がある。独自に開発した解析手法は、惑星状星雲に限らず輝線を発する天体すべてに適用可能である点で技術的新規性がある。また、星と宇宙の進化が生命の起源にどう関係しているのかを考える機会を提供した点で社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：I investigated the spatial distribution of gas and dust in Galactic planetary nebulae based on optical three-dimensional spectra in order to quantitatively unveil stellar mass loss in low- to intermediate-mass stars. I obtained the following important findings: (1) The spatial distribution of gas and dust masses is not uniform. Both masses are concentrated along the equator. This indicates that anisotropic mass-loss during the AGB star phase forms the equatorial torus, determining the directionality of subsequent mass-loss and consequently forming non-spherical shaped nebulae. (2) The spatial gas-to-dust mass ratio varies significantly within the nebula. (3) The spatial distribution of elemental abundances reflects the formation history of the nebula and the evolutionary history of the central star.

研究分野：恒星物理学

キーワード：惑星状星雲 ダスト減光 元素組成 三次元面分光

## 1. 研究開始当初の背景

銀河の化学的進化は、恒星進化末期の大規模な恒星風質量放出と星間物質間の物質循環の結果である。これまで、高齢な銀河では恒星風質量放出と星間物質に含まれるガス・ダスト質量は同程度と考えられていた。しかし、最新の観測研究では、全恒星ガス・ダスト質量は全星間物質のその10%以下であり、90%以上がミッシングマスであると報告されている。このミッシングマス問題が未解決である要因の一つは、中小質量星における恒星風質量放出が定量的に解明されていないためである。そこで、本研究では、中小質量星における恒星風質量放出の解明を目指す。そのために、中小質量星の進化末期段階にある惑星状星雲の三次元分光データを用い、中心星付近から星間物質にまで広がる星周殻内の原子および分子ガス・ダストの完全な物理量空間分布を調査する。これにより、中小質量星の恒星風質量放出を定量的に解明し、ミッシングマス問題の解決に繋げることが期待される。ミッシングマス問題は、銀河の化学進化、恒星進化、ひいては太陽系の形成にも関わる重要な問題であり、天文学のみならず惑星科学においてもその解明が期待されている。また、本研究結果は、漸近赤色巨星枝星における元素合成、分子・ダスト形成、周辺星間物質への化学的作用、そして銀河の化学進化といった恒星、星間、銀河物理学の研究を今後発展させるための重要な情報源となりうる。

## 2. 研究の目的

ミッシングマス問題は、ガスインフォール、超新星衝撃波によるダスト破壊、星間物質中でのダスト成長等が原因である可能性はあるが、これまでになされてきた中小質量星における恒星風質量放出量見積りへの殆どが、紫外-中間赤外線データを用い星周殻内の熱い (~300 ケルビン) ガス・ダストの質量見積りのみでなされ、暖かい-冷たい (~20-300 ケルビン) ガス・ダストの質量が含まれていないことが要因と考える。こうして、中小質量星における星周殻内のガスとダストの物理量分布と恒星風質量放出の解明が核心をなす学術的問いとして存在している。そこで、惑星状星雲における星周殻内のガスとダストの空間物理量分布を三次元分光データを用いて調査し、中小質量星における恒星風質量放出の解明をする。惑星状星雲は先行する漸近赤色巨星枝星期の大規模な恒星風質量放出で形成された星周殻と白色矮星へ進化途中の高温の質量放出残星から成る。星周殻には、漸近赤色巨星枝星期での元素合成と質量放出の履歴が刻まれている。本研究では、星周殻の形状、中心星進化段階に基づいて選択した惑星状星雲におけるガスとダストの空間物理量分布をもとに、

- (1) いつ/どの方向に/どれ位の量の/どの種類のガス、ダストを含む質量放出をしたのか?
- (2) 惑星状星雲における多様な星周殻の形状を決定する恒星風の運動学的特性は何か?
- (3) 恒星風質量放出が周辺星間物質に与える化学的作用はどの程度なのか?

の問いに答えることで、中小質量星における恒星風質量放出を定量的に解明し、ミッシングマス問題の究明に繋げていく。

## 3. 研究の方法

(1) ガス・ダスト質量空間分布と運動学的構造の調査 (上記問い (1), (2) に関連) : 星周殻の二次元輝線強度マップからガス・ダスト質量空間分布を得る。星周殻形状別のガス運動量/運動エネルギーの空間分布を調査し、多様な星周殻形状の起源を明らかにする。

(2) 元素組成の空間分布の調査 (上記問い (1), (3) に関連) 上記の星周殻輝線強度分布を使い元素組成分布を調査する。元素組成の空間分布とガス運動の関係、星間物質接界面でのガス・ダスト質量空間分布、元素組成との比較によって恒星風が周辺星間物質に与える化学的作用について明らかにする。

(3) 光電離モデルの構築 (上記問い (1), (2), (3) に関連) 中心星の観測スペクトルから非局所熱力学平衡恒星大気計算コードを用いて中心星の基本パラメータ (有効温度/表面重力/光球元素組成) を計算する。そして、上記調査で得た星周殻の物理量空間分布を包括的に再現する光電離・光解離電離モデルをクラスターコンピュータ上で計算する。こうして、観測との矛盾がない恒星風質量放出を経験した中小質量星の完全な描像を得る。

## 4. 研究成果

(1) 装置ごとの波長、空気量一点源拡がり関数の関係式を確立し、点源拡がり関数の逆畳み込みにより大気ゆらぎによる天体像の歪みと拡散を波長ごとに除去し、高解像度の三次元分光データに再構築する手法を独自に開発した。この手法の適用により、天体本来のガスとダストの物理量分布を調査することができた。また、高空間分解能および高信号対雑音比の三次元分光データを短時間で構築するための計算コードも新たに開発した。このコードは、データシグナ

ル間の微小な差異が引き起こすスペクトル画像上の段差を完全に解消するためにデータステッチングの概念を取り入れている。この改善により、信号対雑音比が大幅に向上した三次元分光データ構築に成功した。また、計算時間が従来の六分の一にまで短縮され、研究の効率性も大いに向上することができた。

(2) ダスト減光を受けた水素輝線の観測強度比と理論強度比の比較により、ガス・ダスト質量分布を可視データのみで得る手法を開発した。さらに、観測データの測定量のみで、いかなる仮定も導入せずに選択減光量、減光量、電子温度および密度のすべてを一度に求めることができる、これまでにない画期的な計算コードの開発に成功した。上記の計算コードを使用することで、波長 0.4-1 ミクロンの範囲で角度分解能 1.3 秒角を達成し、全波長にわたり点源拡がり関数が完全に一致しているガス・ダストの物理量空間分布を明らかにすることができた。ガスとダストの両方の物理量を一つの「可視データのみ」で算出した先行研究は存在せず、本研究が世界初の例である。

(3) 炭素過多の惑星状星雲 IC2165 における星周殻のガス-ダスト比は、中心の熱いガスプラズマで満たされている領域で約 1000 から、星間物質接触面付近では約 100 にまで空間的に変化していることが明らかになった (図. 1、[1])。得られたガス-ダスト比は、炭素過多の漸近赤色巨星枝星や星間物質で一般的に採用される値と同程度である。また、ダストが中心星周辺の過酷な放射線場に耐えて破壊されずに存在していることも明らかになった。ダスト質量からガス質量を換算する際のガス-ダスト質量比 100 は星間物質に対しては適切であるが、星周物質に対しては不適切である。この誤用が恒星風質量放出率の誤算や銀河のミッシングマス問題の一因である可能性を示している。

(4) ガスとダスト質量の空間分布は様でなく、赤道方向に質量が集中している (図. 1、[1])。漸近赤色巨星枝星段階での非等方な質量放出が赤道トーラス構造を形成し、それがその後の質量放出の方向性や非球対称星雲殻の形成を駆動していると考えられる。

(5) 元素組成の空間分布も様ではなく、星周殻形成と中心星の進化史を反映している。元素組成は中心星からの距離によって変化し、星雲殻の極方向に沿って大きな勾配があり、漸近赤色巨星枝星段階で合成された元素がこの方向に沿って拡散していることを明らかにした[1]。

(6) 銀河ハローに位置する炭素過多かつ金属欠乏の惑星状星雲 H4-1 に対して、可視三次元分光データと上記で開発した手法を駆使してガスとダストの質量分布と元素組成を調査し、その結果を理論恒星進化・元素合成モデリングで試みることにより、前駆天体の進化と起源を明らかにした。H4-1 の親星はビッグバンから約 40 億年後に形成された第二世代の天体であり、1.87 太陽質量と 0.82 太陽質量からなる連星である。そして、質量移動、連星合体を経て独特の化学組成を持つ惑星状星雲へと進化したと結論付けた[2]。

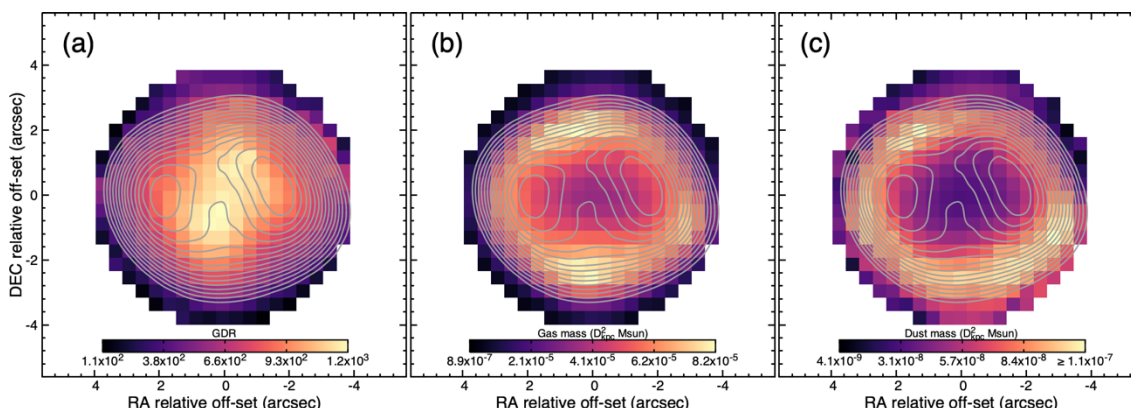


図. 1 惑星状星雲 IC2165 の京都大学せいめい望遠鏡三次元分光データから開発手法方法で高空間分解したガスとダスト質量分布を導き、恒星風が星間物質に与える化学的作用と質量放出履歴を解明する例。各パネルには、水素輝線 4861 Å のコンタが重ねてある。(パネル a) ガス-ダスト質量比は星雲殻中央部で 800-1800 であるが、外側に行くにつれ星周物質の典型値~100 に近づいていくのがわかる。(パネル b, c) ガスとダスト質量分布は短軸の端にピークがある。漸近赤色巨星枝星に形成された片寄りのある質量分布がその後の非等方な質量放出を誘導し、楕円状星雲を形成したと推測される (引用文献[1])。

<引用文献>

[1] Otsuka, M., 2022, MNRAS, 511, p4774-4800  
 [2] Otsuka, M. et al., 2023, PASJ, 75, p1280-1297

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 17件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hyung Siek, Lee Seong-Jae, Otsuka Masaaki	4. 巻 265
2. 論文標題 The [S ii] Spectral Images of the Planetary Nebula NGC 7009. II. Major Axis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Supplement Series	6. 最初と最後の頁 2~2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4365/acad72	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Michihiro Takami, ..., Masaaki Otsuka, ... et al.	4. 巻 264
2. 論文標題 Time-variable Jet Ejections from RW Aur A, RY Tau, and DG Tau*	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Supplement Series	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4365/ac9afc	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Orsola De Marco, ..., Masaaki Otsuka, ... et al.	4. 巻 6
2. 論文標題 The messy death of a multiple star system and the resulting planetary nebula as observed by JWST	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 1421~1432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-022-01845-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Ueta Toshiya, Otsuka Masaaki	4. 巻 667
2. 論文標題 N/O abundance ratio and the progenitor mass for the most luminous planetary nebulae of M 31	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 L8~L8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202244744	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Lee Seong-Jae, Hyung Siek, Otsuka Masaaki	4. 巻 938
2. 論文標題 Double Shells of the Planetary Nebula NGC 7009 Minor Axis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 71 ~ 71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac90c3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Olofsson H., Khouri T., Sargent B. A., Winnberg A., Blommaert J. A. D. L., Groenewegen M. A. T., Muller S., Kastner J. H., Meixner M., Otsuka M., Patel N., Ryde N., Srinivasan S.	4. 巻 665
2. 論文標題 CO line observations of OH/IR stars in the inner Galactic Bulge: Characteristics of stars at the tip of the AGB	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A82 ~ A82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202244053	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 P. Scicluna, ..., Masaaki Otsuka, ..., et al.	4. 巻 512
2. 論文標題 The Nearby Evolved Stars Survey II: Constructing a volume-limited sample and first results from the James Clerk Maxwell Telescope	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 1091 ~ 1110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stab2860	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Otsuka Masaaki	4. 巻 511
2. 論文標題 Seimei KOOLS-IFU mapping of the gas and dust distributions in Galactic planetary nebulae: the case of IC22165	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 4774 ~ 4800
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac260	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Otsuka Masaaki	4. 巻 511
2. 論文標題 Seimei KOOLS-IFU mapping of the gas and dust distributions in Galactic planetary nebulae: the case of IC?2165	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 4774 ~ 4800
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac260	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ueta Toshiya, Otsuka Masaaki	4. 巻 133
2. 論文標題 Proper Plasma Analysis Practice (PPAP), an Integrated Procedure of Extinction Correction and Plasma Diagnostics: A Demo with an HST/WFC3 Image Set of NGC 6720	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of the Pacific	6. 最初と最後の頁 093002 ~ 093002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1538-3873/ac20ab	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yusuke Tambo, ..., Masaaki Otsuka, ... et al.	4. 巻 73
2. 論文標題 Spectroscopic and photometric observations of dwarf nova superoutbursts by the 3.8 m telescope Seimei and the Variable Star Network	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 753 ~ 771
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psab036	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hsieh Tien-Hao, Takami Michihiro, Connelley Michael S., Liu Sheng-Yuan, Su Yu-Nung, Hirano Naomi, Tamura Motohide, Otsuka Masaaki, Karr Jennifer L., Pyo Tae-Soo	4. 巻 912
2. 論文標題 K-band High-resolution Spectroscopy of Embedded High-mass Protostars	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 108 ~ 108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abee88	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Tatsuya Nakaoka, ..., Masaaki Otsuka, ... et al.	4. 巻 912
2. 論文標題 Calcium-rich Transient SN 2019ehk in a Star-forming Environment: Yet Another Candidate for a Precursor of a Double Neutron-star Binary	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 30 ~ 30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abe765	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Michihiro Takami, ..., Masaaki Otsuka, ... et al.	4. 巻 901
2. 論文標題 Possible Time Correlation between Jet Ejection and Mass Accretion for RW Aur A	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 24 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abab98	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Miho Kawabata, ..., Masaaki Otsuka, ... et al.	4. 巻 893
2. 論文標題 SN 2019ein: New Insights into the Similarities and Diversity among High-velocity Type Ia Supernovae	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 143 ~ 143
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab8236	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Otsuka Masaaki, Hyung Siek	4. 巻 491
2. 論文標題 Physical properties of the fluorine and neutron-capture element-rich PN Jonckheere 900	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2959 ~ 2981
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz3147	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ueta Toshiya, Mito Hiroyuki, Otsuka Masaaki, Nakada Yoshikazu, Conn Blair C., Ladjal Djazia	4. 巻 158
2. 論文標題 The Quadratic Programming Method for Extracting Emission Line Maps from Line-blended Narrowband Images	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astronomical Journal	6. 最初と最後の頁 145 ~ 145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-3881/ab328f	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Nagoshi Shumpei, Iwamuro Fumihide, Yamada Satoshi, Ueda Yoshihiro, Oikawa Yuto, Otsuka Masaaki, Isogai Keisuke, Mineshige Shin	4. 巻 529
2. 論文標題 Probing the origin of the two-component structure of broad-line region by reverberation mapping of an extremely variable quasar	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 393 ~ 408
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stae319	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Otsuka Masaaki, Ueta Toshiya, Tajitsu Akito	4. 巻 75
2. 論文標題 Seimei/KOOLS-IFU mapping of the gas and dust distributions in Galactic PNe: Unveiling the origin and evolution of the Galactic halo PN H4-1	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1280 ~ 1297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psad069	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 2件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 大塚雅昭
2. 発表標題 Seimei KOOLS-IFU Mapping of the Gas and Dust distributions in the PN IC2165
3. 学会等名 日本天文学会2022年春季年会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 大塚雅昭
2. 発表標題 せいめい望遠鏡で観る惑星状星雲の3次元スペクトル
3. 学会等名 第26回天体スペクトル研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大塚雅昭(京大岡山天文台), 植田稔也(デンバー大)
2. 発表標題 Spatially-resolved study of the planetary nebula Hu1-2 with the Seimei 3.8- m/KOOLS-IFU
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚雅昭(京大岡山天文台), 植田稔也(デンバー大)
2. 発表標題 Physical properties of the planetary nebula Hu2-1 with Seimei/KOOLS-IFU
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Physical properties of the fluorine and neutron capture element rich PN J900
2. 発表標題 大塚雅昭(京大岡山天文台), Siek Hyung (Chungbuk National Univ.)
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚雅昭(京大岡山天文台), 植田稔也(デンバー大), Siek Hyung (Chungbuk National Univ.)
2. 発表標題 A Comprehensive Spectroscopic Analyses of the PN IC2165 with Seimei/KOOLS- IFU
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大塚雅昭
2. 発表標題 Unveiling the origin of cosmic fullerenes through investigations into physical properties of fullerene-containing planetary nebulae
3. 学会等名 第58回 フラールン・ナノチューブ・グラフェン 総合シンポジウム(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Lee, S., Hyung, S., Otsuka, M.
2. 発表標題 Two Shells Formation from Born-again TP-AGE in NGC 7009
3. 学会等名 American Astronomical Society meeting #235(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大塚雅昭
2. 発表標題 Seimei/KOOLS-IFU mapping of the gas and dust distributions in Galactic PNe: Unveiling the origin and evolution of the Galactic halo PN H4-1
3. 学会等名 IAU Symposium 384: Planetary Nebulae: a Universal Toolbox in the Era of Precision Astrophysics(国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大塚雅昭
2. 発表標題 eimei/KOOLS-IFU mapping of the gas and dust distributions in Galactic PNe: Unveiling the origin and evolution of the Galactic halo PN H4-1
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大塚雅昭
2. 発表標題 Seimei KOOLS-IFU mapping of the gas and dust distributions in Galactic PNe: the case of NGC7027
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------