

令和 6 年 6 月 23 日現在

機関番号：62616

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H00179

研究課題名（和文）すばる望遠鏡超広視野主焦点カメラHSC全データ解析による深宇宙時間軸天文学の発展

研究課題名（英文）Time-domain astronomy in the distant Universe with Subaru/Hyper Suprime-Cam

研究代表者

富永 望（Tominaga, Nozomu）

国立天文台・科学研究部・教授

研究者番号：00550279

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究はすばるHyper Suprime-Camの膨大な観測データの解析を可能にするデータ解析システムを構築した。それにより、短時間突発天体や継続時間の長い超新星など多数の様々なタイムスケールを持つ突発天体を発見しその起源を明らかにした。また、構築したシステムはマルチメッセンジャー天文学でも用いられ、すばるHSCを用いて高エネルギーニュートリノや重力波源の追観測を行い、それらのマルチメッセンジャー天体に対する電磁波対応天体の可能性のある天体を同定した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は現時点で世界最高の性能を持つすばるHSCを用いた時間軸天文学、マルチメッセンジャー天文学を実現するために必要なデータ解析システムを完成させた。これにより、これまで人類が知らなかった突発天体を発見しその起源を明らかにしたことは、人類の知見を広げることにつながる。また、近々開始されるRubin/LSSTによる究極の突発天体探査の前に、すばるHSCを用いた時間軸天文学、マルチメッセンジャー天文学を実現したこと、今後もすばるHSCが深宇宙時間軸天文学を主導することができると考えられる。

研究成果の概要（英文）：We developed a real-time data analysis system for Subaru Hyper Suprime-Cam. The system enables us to discover transients with various time scales such as rapid transients and long-duration supernovae and to clarify the origins of them. The system is also used for multi-messenger astronomy. We performed follow-up observations of high-energy neutrinos and gravitational wave sources and identify possible electromagnetic counterparts of them.

研究分野：天文学

キーワード：光赤外天文学 突発天体 探査観測

1. 研究開始当初の背景

時間軸天文学とは、時間経過に伴う天体の変化に注目する天文学である。星が一生の最期に起こす超新星爆発のように突然現れて消える天体は突発天体と呼ばれる。2000 年以降広視野カメラを用いた突発天体探査観測が始まり、発見される突発天体の数は劇的に増加した。突発天体探査観測は、検出できる天体の明るさ(感度)、探査する領域の広さ(探査面積)と観測する時間間隔(観測頻度)の3つで特徴づけられる。2000年代の突発天体探査は数日おきの観測頻度で行われ、20 日程度のタイムスケールで光度変化する Ia 型超新星などの超新星爆発が多数発見された。2010 年代以降になると、より探査面積の広い探査観測が行われ、Ia 型超新星の 100 倍を超える明るさを持つ超高輝度超新星や普通の超新星より明るく早く減光する短時間突発天体などが発見された。さらに、2017 年には中性子星合体からの重力波が検出され、電磁波望遠鏡を用いた追観測によってその電磁波対応天体であるキロノバが発見された。

以上のように、これまで時間軸天文学によって様々な明るさ・タイムスケールを持つ突発天体の存在が明らかになってきた。その多様性は恒星進化や突発天体の輻射機構といった理論研究を推し進める原動力となっていた。

2. 研究の目的

本研究は、8m 望遠鏡であるすばる望遠鏡に搭載された超広視野カメラ Hyper Suprime-Cam (HSC)の観測データを用いて、感度が高く、探査面積が広く、観測頻度が高い突発天体探査を行う。現時点で最も突発天体の探査能力の高いすばる HSC を用いた深宇宙時間軸天文学を開拓することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究ではすばる HSC の膨大な観測データの解析を可能にするデータ解析システムを構築する。そのために、学術情報ネットワーク SINET を通じたデータ転送を実現し、東京大学、国立天文台に設置された計算資源を統合する。その後、機械学習の手法を用いて本物の突発天体を選び出し、それぞれの天体の明るさ、タイムスケール、発生率、母銀河の性質に基づき、それらを分類する。さらに、このシステムをリアルタイムデータ解析システムへ拡張し、すばる望遠鏡 HSC を用いたリアルタイム突発天体探査を行い、発見直後から継続的に多色撮像・分光追観測を行う。これにより、深宇宙時間軸天文学を発展させる。

4. 研究成果

本研究では、すばる HSC を用いた時間軸天文学において、突発天体探査の手法を開発し、多数の様々なタイムスケールを持つ突発天体を発見しその起源を明らかにした。その主な成果は以下のとおりである。

(1) 機械学習を用いた突発天体の光度曲線を用いた分類 (Takahashi et al. 2020)

突発天体探査において発見された天体を分光追観測するためには、光度曲線のみを用いて突発天体を分類し、重要な天体を即時に選び出す必要がある。そこで、すばる HSC による突発天体探査観測で実現された感度、観測頻度を適用し、深層学習を用いた機械学習によって突発天体を分類する手法を開発した。その結果、Ia 型超新星とそれ以外を 84.2%の精度で分類することができた。

(2) 赤方偏移 1.063 で起こった Fast Blue Ultraluminous Transient (FBUT) MUSSES2020J (Jiang et al. 2022)

すばる HSC を用いて、非常に明るく早く進化する突発天体 MUSSES2020J を爆発直後に発見した。この天体は通常の超新星爆発の 50 倍の明るさを持ちながら、非常に短い約 5 日程度の時間でピークの明るさに達した(図 1)。我々は、このような突発天体を「Fast Blue Ultraluminous Transient (FBUT)」と呼ぶことを提唱した。MUSSES2020J は赤方偏移 1.063 の低質量銀河の中心付近に位置していた。また、得られた多色観測を用いて、MUSSES2020J が潮汐破壊現象や超新星と周辺物質との相互作用などを起源とする可能性を議論した。

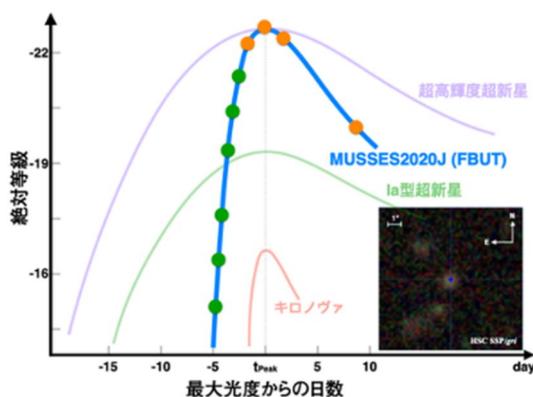


図 1: MUSSES2020J とその他の典型的な突発天体の光度曲線の比較。右下は母銀河の 3 色合成多色画像。青い印は MUSSES2020J の位置を示し、母銀河のほぼ中心部に位置している。(クレジット: Kavli IPMU)

(3) 継続時間が1年を超える超新星爆発の発生率 (Moriya et al. 2021)

すばる HSC を用いた長期間の突発天体探査を行い、観測者系で1年以上の継続時間を持つ超新星爆発を探査した。その結果、1年半以上の継続時間を持つ突発天体が2天体、2年半以上の継続時間を持つ突発天体が1天体発見された。これらの天体はIIn型超新星である可能性が高く、発見した超新星の中に電子対生成型超新星と考えられる天体は存在しなかった。これにより、電子対生成型超新星の発生率が赤方偏移3程度まで通常の重力崩壊型超新星の0.01-0.1%以下であることを示した。

さらに、本研究で構築したシステムは当初計画には含まれていなかったマルチメッセンジャー天文学でも使用され、以下のような成果を上げた。

(4) 重力波事象 S190510g の追観測 (Ohgami et al. 2021)

2019年5月10日、アメリカとヨーロッパの重力波望遠鏡によって、重力波事象 S190510g が発見された。最初のアラートの段階では中性子星合体と報告されており、アラートから1.7時間後にすばる HSC を用いた追観測を開始し、118.8平方度(満月約450個分)の範囲を探査した。これにより、133天体の突発天体を発見した。これらの天体の母銀河の距離から、このうち3天体が S190510g に対応する電磁波対応天体として可能性が否定できないことを示した。また、本研究が即時観測では、もしキロノバが存在すればその増光を捉えることができることを示した。

(4) 連星ブラックホール合体 GW200224_222234 の追観測 (Ohgami et al. 2023)

2020年2月24日、アメリカとヨーロッパの重力波望遠鏡によって、ブラックホール合体 GW200224_222234 が発見された。その到来方向は、重力波望遠鏡によって比較的精度よく決定されたため、すばる HSC を用いて3回にわたって追観測を行った。これにより、56.6平方度(満月約220個分、到来方向の確率91%)を探査した(図2)。この観測はブラックホール合体による重力波事象の到来方向の大部分をカバーする観測として最も感度の高い観測であった。さらに、カナリア大望遠鏡を用いて発見された突発天体の母銀河の分光観測を行い、最終的に GW200224_222234 と関連することが否定できない突発天体を19天体同定した。しかしながら、この19天体の中に GW200224_222234 との関連が強く示唆される天体はなかった。

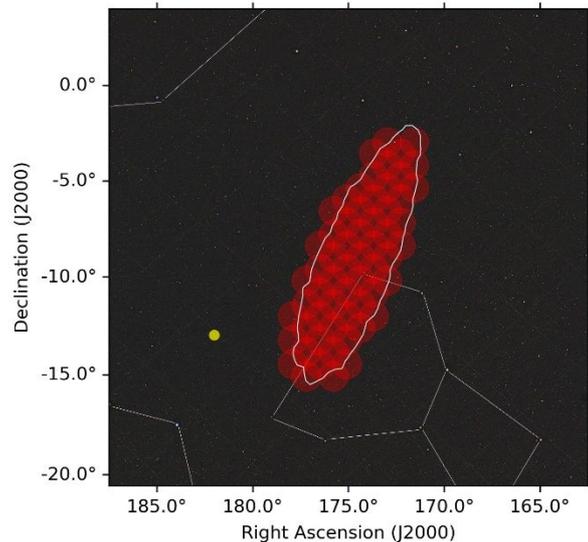


図2：重力波望遠鏡による観測で得られた GW200224_222234 の到来方向(白い線、確率90パーセント)とすばる望遠鏡 HSC が観測した領域(赤色)。赤丸は HSC の視野の大きさ(満月9個分に相当)、黄丸は満月1個分の大きさを表す。(クレジット：国立天文台/富永/PanSTARRS)

以上のように、本研究により、すばる HSC を用いた時間軸天文学、マルチメッセンジャー天文学を実現するために必要なデータ解析システムを完成させた。近々開始される Rubin/LSST による究極の突発天体探査の前に、すばる HSC を用いて実現可能な時間軸天文学、マルチメッセンジャー天文学を推進した。これにより、今後すばる HSC が深宇宙時間軸天文学を主導することができると思われる。

<引用文献>

- ``Follow-up Survey for the Binary Black Hole Merger GW200224_222234 Using Subaru/HSC and GTC/OSIRIS'', Ohgami, T., et al., ApJ, 947, 9 (2023)
- ``MUSSES2020J: The Earliest Discovery of a Fast Blue Ultraluminous Transient at Redshift 1.063'', Jiang, J., et al., ApJL, 933, L36 (2022)
- ``Optical follow-up observation for GW event S190510g using Subaru/Hyper Suprime-Cam'', Ohgami, T., et al., PASJ, 73, 350-364 (2021)
- ``Constraints on the Rate of Supernovae Lasting for More Than a Year from Subaru/Hyper Suprime-Cam'', Moriya, T. J., et al., ApJ, 908, 249 (2021)
- ``Photometric classification of Hyper Suprime-Cam transients using machine learning'', Takahashi, I., et al., PASJ, 72, 89 (2020)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 12件 / うちオープンアクセス 23件）

1. 著者名 Murai Yuta, Tanaka Masaomi, Kawabata Miho, Taguchi Kenta, Teja Rishabh Singh, Nakaoka Tatsuya, Maeda Keiichi, Kawabata Koji S, Nagao Takashi, Moriya Takashi J, Sahu D K, Anupama G C, Tominaga Nozomu, Morokuma Tomoki, et al.	4. 巻 528
2. 論文標題 Intermediate-luminosity Type IIP SN 2021gmj: a low-energy explosion with signatures of circumstellar material	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 4209 ~ 4227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stae170	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 Oshikiri Kakeru, Tanaka Masaomi, Tominaga Nozomu, Morokuma Tomoki, Takahashi Ichiro, Tampo Yusuke, Hamidani Hamid, Arima Noriaki, Arimatsu Ko, Kasuga Toshihiro, Kobayashi Naoto, Kondo Sohei, Mori Yuki, Niino Yuu, Ohsawa Ryou, Okumura Shin-ichiro, Sako Shigeyuki, Takahashi Hidenori	4. 巻 527
2. 論文標題 A search for extragalactic fast optical transients in the Tomo-e Gozen high-cadence survey	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 334 ~ 345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stad3184	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 -

1. 著者名 Gangopadhyay Anjasha, Maeda Keiichi, Singh Avinash, Kawabata Miho, Alsaberi Rami Z. E., Dukiya Naveen, Teja Rishabh Singh, Ailawadhi Bhavya, Dutta Anirban, Sahu D. K., Moriya Takashi J., Misra Kuntal, Tanaka Masaomi, Chevalier Roger, Tominaga Nozomu, et al.	4. 巻 957
2. 論文標題 Bridging between Type IIb and Ib Supernovae: SN IIb 2022crv with a Very Thin Hydrogen Envelope	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 100 ~ 100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/acfa94	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 Hiramatsu Daichi, Berger Edo, Metzger Brian D., Gomez Sebastian, Bieryla Allyson, Arcavi Iair, Howell D. Andrew, Mckinven Ryan, Tominaga Nozomu	4. 巻 947
2. 論文標題 Limits on Simultaneous and Delayed Optical Emission from Well-localized Fast Radio Bursts	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L28 ~ L28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/acae98	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 Ohgami Takayuki, Gonzalez Josefa Becerra, Tominaga Nozomu, Morokuma Tomoki, Utsumi Yousuke, Niino Yuu, Tanaka Masaomi, et al.	4. 巻 947
2. 論文標題 Follow-up Survey for the Binary Black Hole Merger GW200224_222234 Using Subaru/HSC and GTC/OSIRIS	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 9~9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/acbd42	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 Tanikawa Ataru, Moriya Takashi J, Tominaga Nozomu, Yoshida Naoki	4. 巻 519
2. 論文標題 Euclid detectability of pair instability supernovae in binary population synthesis models consistent with merging binary black holes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters	6. 最初と最後の頁 L32~L38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnrasl/slac149	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 -

1. 著者名 Takahashi Ichiro, Hamasaki Ryo, Ueda Naonori, Tanaka Masaomi, Tominaga Nozomu, Sako Shigeyuki, Ohsawa Ryou, Yoshida Naoki	4. 巻 74
2. 論文標題 Deep-learning real/bogus classification for the Tomo-e Gozen transient survey	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 946~960
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psac047	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 -

1. 著者名 Jiang Ji-an, Yasuda Naoki, Maeda Keiichi, Tominaga Nozomu, Doi Mamoru, Ivezić Zeljko, Yoachim Peter, Uno Kohki, Moriya Takashi J., Kumar Brajesh, Pan Yen-Chen, Tanaka Masayuki, Tanaka Masaomi, Furusawa Hisanori, et al.	4. 巻 933
2. 論文標題 MUSSES2020J: The Earliest Discovery of a Fast Blue Ultraluminous Transient at Redshift 1.063	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L36~L36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ac7390	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 Niino Yuu, Doi Mamoru, Sako Shigeyuki, Ohsawa Ryou, Arima Noriaki, Jiang Ji-an, Tominaga Nozomu, Tanaka Masaomi, Li Di, Niu Chen-Hui, Tsai Chao-Wei, Kobayashi Naoto, Takahashi Hidenori, Kondo Sohei, Mori Yuki, Aoki Tsutomu, Arimatsu Ko, Kasuga Toshihiro, Okumura Shin-ichiro	4. 巻 931
2. 論文標題 Deep Simultaneous Limits on Optical Emission from FRB 20190520B by 24.4 fps Observations with Tomo-e Gozen	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 109 ~ 109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac6be8	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 -

1. 著者名 Jiang Ji-an, Maeda Keiichi, Kawabata Miho, Doi Mamoru, Shigeyama Toshikazu, Tanaka Masaomi, Tominaga Nozomu, et al.	4. 巻 923
2. 論文標題 Discovery of the Fastest Early Optical Emission from Overluminous SN Ia 2020hvf: A Thermonuclear Explosion within a Dense Circumstellar Environment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	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) 10.3847/2041-8213/ac375f	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 Hatsukade Bunyo, Tominaga Nozomu, Morokuma Tomoki, Morokuma-Matsui Kana, Matsuda Yuichi, Tamura Yoichi, Niinuma Kotaro, Motogi Kazuhiro	4. 巻 922
2. 論文標題 A VLA Survey of Late-time Radio Emission from Superluminous Supernovae and the Host Galaxies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 17 ~ 17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac20d5	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 -

1. 著者名 Hiramatsu Daichi, Howell D. Andrew, Van Dyk Schuyler D., Goldberg Jared A., Maeda Keiichi, Moriya Takashi J., Tominaga Nozomu, et al.	4. 巻 5
2. 論文標題 The electron-capture origin of supernova 2018zd	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 903 ~ 910
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-021-01384-2	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 Nakaoka Tatsuya, Maeda Keiichi, Yamanaka Masayuki, Tanaka Masaomi, Kawabata Miho, Moriya Takashi J., Kawabata Koji S., Tominaga Nozomu, Tomoki Morokuma, Jian Jiang 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 Hatsukade B., Tominaga N., Morokuma T., Morokuma-Matsui K., Tamura Y., Niinuma K., Hayashi M., Matsuda Y., Motogi K.	4. 巻 911
2. 論文標題 Variability of Late-time Radio Emission in the Superluminous Supernova PTF10hgi	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L1 ~ L1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/abef03	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 -

1. 著者名 Morokuma Tomoki, Utsumi Yousuke, Ohta Kouji, Yamanaka Masayuki, Kawabata Koji S, Inoue Yoshiyuki, Tanaka Masaomi, Yoshida Michitoshi, Itoh Ryosuke, Sasada Mahito, Tominaga Nozomu, et al.	4. 巻 73
2. 論文標題 Follow-up observations for IceCube-170922A: Detection of rapid near-infrared variability and intensive monitoring of TXS 0506+056	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 25 ~ 43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psaa110	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 Moriya Takashi J., Jiang Ji-an, Yasuda Naoki, Kokubo Mitsuru, Kawana Kojiro, Maeda Keiichi, Pan Yen-Chen, Quimby Robert M., Suzuki Nao, Takahashi Ichiro, Tanaka Masaomi, Tominaga Nozomu, Nomoto Ken'ichi, Cooke Jeff, Galbany Lluís, Gonzalez-Gaitan Santiago, Lee Chien-Hsiu, Pignata Giuliano	4. 巻 908
2. 論文標題 Constraints on the Rate of Supernovae Lasting for More Than a Year from Subaru/Hyper Suprime-Cam	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 249 ~ 249
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abfc0	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 Ohsawa Ryou, Nishimura Koji, Sako Shigeyuki, Mori Yuki, Morii Mikio, Morokuma Tomoki, Tanaka Masaomi, Tominaga Nozomu, et al.	4. 巻 194
2. 論文標題 Relationship between radar cross section and optical magnitude based on radar and optical simultaneous observations of faint meteors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Planetary and Space Science	6. 最初と最後の頁 105011 ~ 105011
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pss.2020.105011	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 -

1. 著者名 Takahashi Ichiro, Suzuki Nao, Yasuda Naoki, Kimura Akisato, Ueda Naonori, Tanaka Masaomi, Tominaga Nozomu, Yoshida Naoki	4. 巻 72
2. 論文標題 Photometric classification of Hyper Suprime-Cam transients using machine learning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psaa082	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 -

1. 著者名 Chiaki Gen, Tominaga Nozomu	4. 巻 498
2. 論文標題 Does the structure of Population III supernova ejecta affect the elemental abundance of extremely metal-poor stars?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2676 ~ 2687
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa2340	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 -

1. 著者名 Hatsukade Bunyo, Morokuma-Matsui Kana, Hayashi Masao, Tominaga Nozomu, Tamura Yoichi, Niinuma Kotaro, Motogi Kazuhiro, Morokuma Tomoki, Matsuda Yuichi	4. 巻 72
2. 論文標題 Spatially resolved molecular gas properties of host galaxy of Type I superluminous supernova SN 2017egm	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psaa052	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 -

1. 著者名 Onoue Masafusa, Banados Eduardo, Mazzucchelli Chiara, Venemans Bram P., Schindler Jan-Torge, Walter Fabian, Hennawi Joseph F., Andika Irham Taufik, Davies Frederick B., Decarli Roberto, Farina Emanuele P., Jahnke Knud, Nagao Tohru, Tominaga Nozomu, Wang Feige	4. 巻 898
2. 論文標題 No Redshift Evolution in the Broad-line-region Metallicity up to $z = 7.54$: Deep Near-infrared Spectroscopy of ULAS J1342+0928	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 105 ~ 105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aba193	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 Choplin Arthur, Tominaga Nozomu, Meyer Bradley S.	4. 巻 639
2. 論文標題 A strong neutron burst in jet-like supernovae of spinstars	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A126 ~ A126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202037966	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 Tampo Yusuke, Tanaka Masaomi, Maeda Keiichi, Yasuda Naoki, Tominaga Nozomu, Jiang Ji-an, Moriya Takashi J., Morokuma Tomoki, Suzuki Nao, Takahashi Ichiro, Kokubo Mitsuru, Kawana Kojiro	4. 巻 894
2. 論文標題 Rapidly Evolving Transients from the Hyper Suprime-Cam SSP Transient Survey	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 27 ~ 27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab7ccc	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 -

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 岩田悠平
2. 発表標題 電波帯での時間軸天文学
3. 学会等名 Transient workshop 2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富永望
2. 発表標題 マルチメッセンジャー天文学
3. 学会等名 観測的宇宙論WS (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富永望
2. 発表標題 時間軸天文学
3. 学会等名 VLBI懇談会シンポジウム2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nozomu Tominaga
2. 発表標題 Transient survey with Subaru/Hyper Suprime-Cam
3. 学会等名 Exploring The Transient Universe (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nozomu Tominaga
2. 発表標題 Follow-up surveys with Subaru Telescope
3. 学会等名 CD3 workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nozomu Tominaga
2. 発表標題 Time-domain/Multi-messenger astronomy using Subaru/PFS
3. 学会等名 PFS Satellite Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Nozomu Tominaga
2. 発表標題 Optical alerts brokers
3. 学会等名 Synergies at new frontiers at gamma-rays, neutrinos and gravitational waves (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024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
研究分担者	高田 唯史 (Takata Tadafumi) (10300708)	国立天文台・天文データセンター・准教授 (62616)	
研究分担者	古澤 久徳 (Furusawa Hisanori) (10425407)	国立天文台・天文データセンター・准教授 (62616)	
研究分担者	諸隈 智貴 (Morokuma Tomoki) (10594674)	千葉工業大学・惑星探査研究センター・主席研究員 (32503)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	田中 雅臣 (Tanaka Masaomi) (70586429)	東北大学・理学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	安田 直樹 (Yasuda Naoki) (80333277)	東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・教授 (12601)	

	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
研究協力者	Jiang Jian (Jiang Jian)		
研究協力者	高橋 一郎 (Takahashi Ichiro)		

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			
米国	University of Washington	The State University of New Jersey	Princeton University	
インド	ARI of Observational Sciences	Indian Institute of Astrophysics		
台湾	National Central University			
スペイン	CS de Investigaciones Cientificas	Universidad de La Laguna		
米国	University of North Carolina	Las Cumbres Observatory		
トルコ	Ege University			

共同研究相手国	相手方研究機関			
ロシア連邦	ITEP	IKI		
スイス	ジュネーブ大学			
オーストラリア	Swinburne University of Technology			