

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H04829

研究課題名(和文)紫外線における時間領域天文学の開拓

研究課題名(英文)Opening a new frontier in time-domain astronomy with ultraviolet

研究代表者

谷津 陽一(Yatsu, Yoichi)

東京工業大学・理学院・准教授

研究者番号：40447545

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 19,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は重力波対応天体からの電磁波放射や超新星ショックブレイクアウトの極早期観測により、紫外線をトリガーとしたマルチメッセンジャー時間領域天文学を世界で最初の実現する試みである。この目的のため250-300nmに感度を持つ衛星用紫外線望遠鏡を開発し、これを搭載する衛星システムの概念設計を実施した。これらの予備設計を根拠に宇宙研の小規模計画予算を獲得してフライトモデル製造に着手し、またJAXAの革新的衛星技術実証3号機での打ち上げ枠を獲得した。当初の計画どおり、2022年度の打ち上げをほぼ実現しつつある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、日本での超小型衛星開発は工学技術実証が基本であったが、本研究では初めてサイエンスを主目的とする衛星計画を立ち上げ、実際の打ち上げまで極めて短い期間で実現した。結果として、我々が世界で最初に紫外線広視野サーベイを実現できる見込みである。これは、望遠鏡開発だけでなし得たものではなく、観測技術を恒星姿勢計に転用して国産衛星の性能を大幅に底上げできたことが大きく、すでに大学、企業、JAXA等から商談を受けている。このような機動的な事業化は、我々が独自に提唱する「持ち寄りパーティー型」の産学連携に依るところであり、今後の宇宙科学・ビジネスのモデルケースとなるだろう。

研究成果の概要(英文)：The goal of this research is opening up the multi-messenger time-domain astronomy triggered by ultraviolet waveband. The possible targets are the gravitational wave events accompanied by electromagnetic emission and shock breakouts of core-collapse supernovae of high-mass stars in extremely early phase. To realize those science mission, we developed an ultraviolet telescope for satellites with a sensitivity of 250-300 nm. We also carried out a conceptual design of the satellite system and we proposed this project to ISAS/JAXA as a small-scale program for developing the flight model. We also applied this project to JAXA's Innovative satellite technology demonstration program to obtain the flight chance. The launch is scheduled in FY 2022 as we planned.

研究分野：天文学

キーワード：紫外線 時間領域天文学 重力波 超新星ショックブレイクアウト 超小型衛星 産学連携

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、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

本研究を提案した 2016 年は、人類が初めて天体からの重力波を検出した年であり、世界中の可視・近赤外線望遠鏡が LIGO/Virgo からの重力波アラートに一喜一憂しながら連日観測を行っていたところである。残念なことに、2016 年時点で報告されていた重力波現象は、かなり遠方のブラックホール連星合体に起因するものであり、合体による放出物がほとんどないという理論的予想から電磁波などでの放射は検出できないと考えられていた。

我々が期待していたのは、中性子星連星や中性子星-ブラックホール連星の合体である。これらは、合体の際に星を構成する高密度物質が一部撒き散らし、高速中性子捕獲による重元素合成や相対論的ジェット形成が行われると想像されている。このため、これらの天体種の合体では電磁波放射が見られるだろうと期待されていた。理論研究ではさまざまな放射プロセスが検討されていたが、特に超高密度下で合成される放射性同位体が崩壊して光る「キロノバ(マクロノバ)」という現象が期待され、全世界的にキロノバ搜索体制が構築されつつあった。キロノバは重元素による吸収で赤くなると予想され、可視光・赤外線での放射が期待されていたが、一部の理論モデルでは、それに先行して青く光る可能性も示唆されており、実際の観測が待たれていた。

本研究を開始した 2017 年の 8 月 17 日には、初めて中性子星連星合体だと思われる重力波が検出された。この天体からは重力波の 1.7 秒後にガンマ線パルスが検出され、その 10 時間後には想像よりも遥かに「青い」可視光の電磁波対応天体が小口径のロボット望遠鏡により発見された。その数日後には色が劇的に赤化するという特異な変容を示し、この色変化を以てこの天体が重力波源の電磁波対応天体であり、中性子捕獲によって大量のランタノイドが合成された証拠であると解釈された。結果として、この世界に存在する鉄よりも重い金属の起源が明らかになった。また、その後の X 線や電波の観測も繰り返し行われ、重力波をトリガーとしたマルチメッセンジャー天文学開闢の年となった。

### 2. 研究の目的

本研究を申請した当時から現在まで、突発天体をあらゆる手段で観測する「マルチメッセンジャー時間領域天文学」という取り組みにおいて、「紫外線」だけが未開拓になっている。本研究では、重力波に伴う中性子星連星合体からの紫外線放射や、近傍宇宙における重力崩壊型超新星のショックブレイクアウトなど、紫外線領域での時間領域天文学の「開拓」を目標として、衛星搭載用観測装置の開発を行い、2020 年台初頭までに 200-300nm の帯域を視野 20 平方度程度でカバーする広視野近紫外線観測を世界で最初に実現することを目指したものである。本研究で目指す主要なターゲットは以下 2 つである。

#### (1) 重力波対応天体

重力波源からの紫外線放射については、GW170817 がその電磁波対応天体発見直後に紫外線域で光っていることを Swift 衛星が示している。現時点ではこの放射の物理的理解はまだなされておらず、1 時間以内に紫外線観測を実現することにより、重力波源周辺での相対論的なジェットがいつ形成されたのかを知る直接的な証拠を得られると期待されている。(図 1)

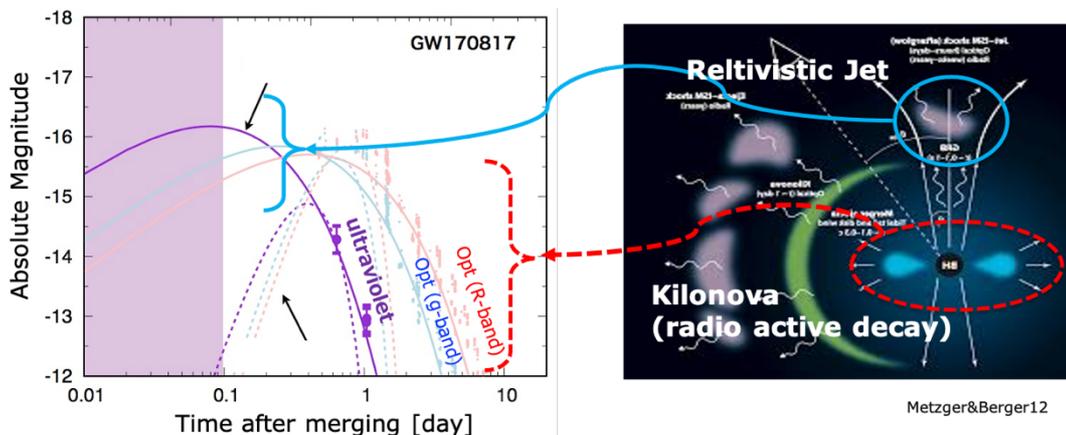


図 1: 重力波からの紫外線放射

#### (2) 重力崩壊型超新星爆発

重力崩壊型超新星については、紫外線を用いて、近傍の超新星からのショックブレイクアウトを可能な限り早く検知することで、極早期の 3 日間のライトカーブの取得を目指す。このライトカーブは、衝撃波が過去に放出された星風を遡っていく際の光を記録したものであり、大質量星の最期の 10 年間の星風活動を知る手がかりになる。大質量星の質量損失歴は、恒星進化史における極めて重要な研究テーマであるのみならず、ガンマ線バーストからの放射や超新星残骸の

進化、宇宙線物理を理解する上で決定的に重要な情報をもたらすと期待されている。

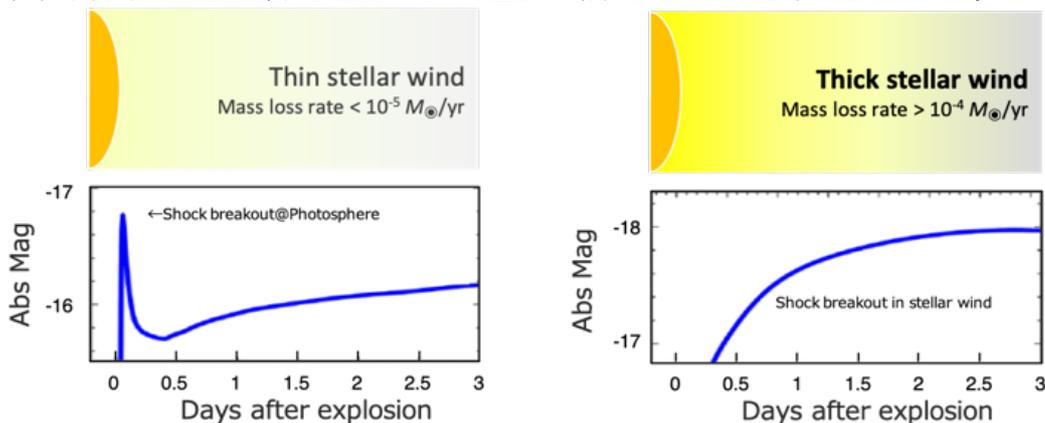


図 2：重力崩壊型超新星爆発の観測

### 3. 研究の方法

本研究は、世界初の衛星軌道上での紫外線広視野サーベイの実現が目標であり、超小型衛星という新しい実験プラットフォームを利用することで、短期間で実際の観測を実現することを目指す。このため、観測装置の開発は可能な限り「今ある実用技術」の組み合わせで行い、新規技術開発は最小限にとどめて、短期間に実機開発を完了する方針とした。また、観測装置の開発と並行して、衛星全体の概念設計を進め、フライトモデルの開発のための研究費獲得、フライトチャンス獲得に努め、一気に打ち上げまで走り抜けることを目指した。

### 4. 研究成果

#### (1) サイエンス戦略の検討

計画の最初の段階で、紫外線での突発天体観測について、観測戦略やゴールとする科学について検討を行った。この議論には、カリフォルニア工科大の Shri Kulkarni 教授、国立天文台 冨永望教授、東北大学 田中雅臣准教授、ローレンス・バークレー国立研究所の鈴木尚研究員、東工大 河合誠之教授、そして研究代表者である谷津が参加して合宿形式議論を行った。

結論として、限られたセンサ性能で最大限の科学的成果を達成するために、50 平方度の紫外線カメラを毎日 4 天域（合計 200 平方度）を観測する方針とした。同一の観測天域は 3 週間連続で観測し、その後 30 度東の天域へシフトしていく。同様の観測を繰り返すことで、1 日あたり 200 平方度、1 年で 3500 平方度を 6 時間ケイデンスでサーベイしていく方針とした(図 3)。

ターゲット天体は前述の重力波対応天体の他、超新星ショックブレイクアウト、さらには近傍銀河での突発天体等を見込んでおり、この観測ミッションで期待される検出レートは、重力崩壊型超新星が月に 1 回程度、重力波現象については GW170817 よりも 2 等級ほど暗い条件で年間 0.1-4 イベントを  $5\sigma$  検出できると予想している。

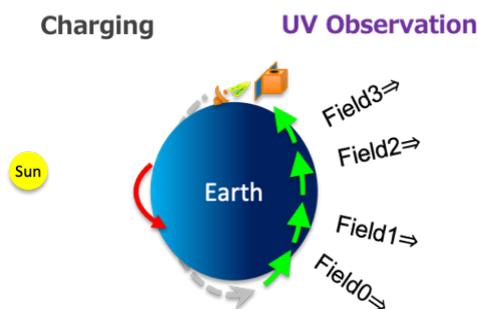


図 3：観測戦略

#### (2) センサシステムの研究開発

**光学系：**紫外線望遠鏡の開発において最初の課題は光学系の選定であった。例えば GALEX や UVOT はカセグレン型であり、これらを参考に当初は反射光学系を検討していた。しかしながら、カセグレンは広視野化が困難であること、副鏡による掩蔽で光量を損してしまうことが判明した。そこで、基本構成を屈折望遠鏡にすることとした。300nm 以下の紫外線を透過できる一般的な硝材は、フローライトか熔融石英に限られてしまうため、最短の波長は 200nm に制約された。また、この硝材の組み合わせは温度補償が困難であり、テレセントリックに近い光学設計とした。(図 4)

**センサ：**紫外線天文学の技術的障壁の一つが紫外線に感度を持つイメージングセンサの開発である。本研究では、当初 JPL/Caltech が開発するデルタドープ・センサの使用を計画しており開発期間の短縮と最先端技術のアドバンテージを得ようと目論んだ。JPL からは地上実験用の  $2k \times 2k$  の大型センサを使う案が提案され、それに合わせて光学系の設計を行ったが、本計画 2 年目のタイミングで、JPL 側で開発に大きな遅延が発生し、さらに衛星搭載用センサを米国外の海外大学（東工大）に輸出することの制度上の障壁があったことからデルタドープセンサの利用を断念した。最終的に、民生品でありながら UV グレードの提供がある  $2k \times 2k$  裏面照射 CMOS を採用することにした。このセンサは 250-300 nm の帯域に感度があるものの、可視光にも反応する

ため、本プロジェクト用に専用設計した可視光除去フィルタを組み合わせることで、紫外線のバンドパスを実現した。結果として図5に示す様な感度特性となった。光学系とセンサ系を含めたトータルのスループット比は、裏面照射 CMOS の極めて高い量子効率のおかげで GALEX のおよそ10倍以上となっている。

読み出し回路：裏面照射 CMOS センサの読み出しには、HiZ-GUNDAM のために開発された読み出し回路を流用した。これをベースとして、超小型衛星に搭載するために基板寸法を縮小し、かつ衛星外部に設置する放熱板を接続出来るように改修した。紫外線観測では、通常の写真撮影と同じ様にフレーム読み出しを行う。なお、衛星に搭載する全ての能動素子は、ガンマ線照射と陽子線ビーム照射により放射線耐性を評価している。

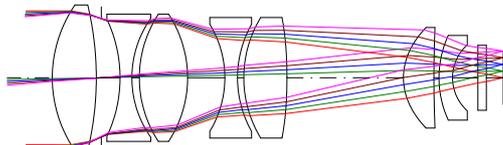


図4：紫外線望遠鏡の光学系

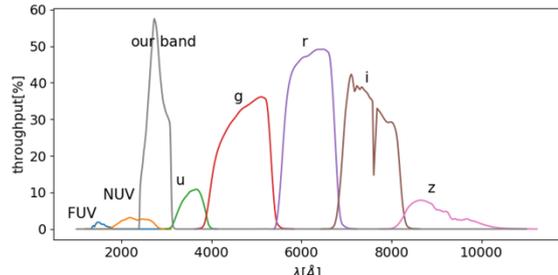


図5：センサシステムの周波数特性

### (3) 衛星システム概念設計から予算獲得

つぎに、サイエンス・チームからの要求をもとに人工衛星へのシステム要求を整理し概念設計を行った。これまで、日本国内における超小型衛星開発は、宇宙工学分野の研究者が先導してきたが、本計画では科学観測が主目的であり、これまでの「超小型衛星」とは桁違いの機能要求が並ぶことになった。特に、Kulkarni 教授からは「可能な限りすべての画像をダウンリンクすること」が要求され、これまで本学で経験のなかった X バンドの高速送信機を搭載することとなった。また、この要求を実現するため、東北大との協力関係を構築するなど、地上局の体制も刷新した。また、天体の長時間露光のために、従来の大型衛星並みの姿勢安定性 (10 秒角) が要求された。さらに、センサ系は露光中の暗電流を抑制するため、冷却が必要となった。一方、光学系は温度による焦点距離の変化が問題となるため、望遠鏡は±1°C の温度範囲で安定しなければならなかった。最後はアラート配信である。天体を発見したとして、すぐさま地上に速報を配信しなければならず、常時接続が可能な通信回線が必要となった (表2、図4)。これらの要求を、概念設計としてまとめ、宇宙科学研究所のの小規模計画として提案し、最終的に2019年の宇宙研小規模計画として採択され、実際のフライトモデルの開発に着手した。

表2：衛星システムの諸元

ミッション	・分光地球観測 ・紫外線分光観測
サイズ/構造	470×1300×480mm 1対の展開式太陽電池パドル
重さ	<65Kg
電源	発生電力：150.7W 電池容量：9600mAh@28V 消費電力：30-50 W
姿勢制御	STT 基準 3 軸姿勢制御
通信	S-UP：1Kbps (PSK) S-DOWN：100K~100Kbps (BPSK) X-DOWN：20Mbps (QPSK) Globalstar：9 byte/packet (BPSK)
記憶装置	Mission data (SHU)：64Byte×2 HK (DRU)：2GByte
寿命	2 yr (TBD)

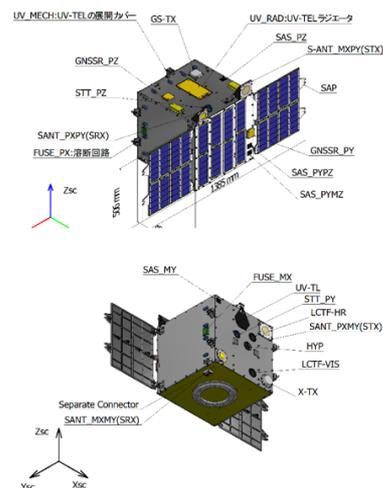


図4：衛星システムの外観図

### (4) フライト枠の獲得と実機開発

人工衛星の構造設計はロケットインターフェースとの一対一対応であり、フライトが決まらなければ衛星構体への制約条件が確定しない。一方で、日本はNASAやESAの様に科学観測を目的とした超小型衛星へのフライト枠が無いため、全く独自に打ち上げチャンスを探さなければならなかった。世界で最初のフライト実現を目指す我々は、文科省やJAXA方針が変わることを待つことが許されないため、全く独自の方法で最短最速でロケットを獲得することにした。今回の衛星は、紫外線望遠鏡の熱設計に関する制約から東工大松永三郎教授が開発してきた50kgサイズのバスを改良して用いることにした。技術的な挑戦として、10秒角の姿勢安定度要

求が挙げられるが、紫外線観測の技術を転用して独自に開発した恒星姿勢計（STT）が5.8秒角（ $3\sigma$ ）という世界最高レベルの性能を達成したため、なんとか実現できる見通しが立った。また、リアルタイム速報通信についても、米国の商用衛星ネットワークを利用した送信機を独自に開発した。これらの基盤技術は、既に東工大 HIBARI 衛星にて軌道上での動作実証に成功している。資金獲得・開発体制の構築については、天文観測が困難な昼地球側で地球観測ビジネスに利用するという全く新しい衛星利用のスキーム、すなわち産学での「衛星シェアリング」を提唱し、無償で協力してくれる民間企業へこのアイデアを売り込み、産学連携コンソーシアムを組織して、JAXA の革新的衛生技術実証 3 号機のフライト枠を獲得した。この参画企業は、新しい宇宙ビジネスを志向しており、そのテストケースとして本衛星「うみつばめ」の開発に無償で貢献している。例えば、地球観測装置等の光学装置の開発・提供、衛星システム設計・文書管理等の開発業務サポート、衛星管制局の提供などである。我々はこれを「持ち寄りパーティー方式産学連携」と名付けており、持続性のある宇宙科学と宇宙ビジネスの連携を実現すべく、この哲学に賛同するメンバーを増やしつつある（図5）。本衛星の搭載ロケットは JAXA 側の都合によりイプシロン 6 号機から変更となったが、すでに 2022 年度内の予定で打ち上げに向けて調整・契約作業を進めている。

これら一連の産学連携活動を通して、部品提供、技術協力・指導、フライト枠の獲得等、研究費に換算すれば 3 億円以上の支援が得られた。また、金額に現れない価値の創出として、このコンソーシアム内では、これまで日本の宇宙開発を支えてきたベテラン技術者が研究に従事する学生を熱心に指導しており、この研究プロジェクトを通して、日本の宇宙科学・産業の次世代育成・技術継承が行われていることを付記しておきたい。

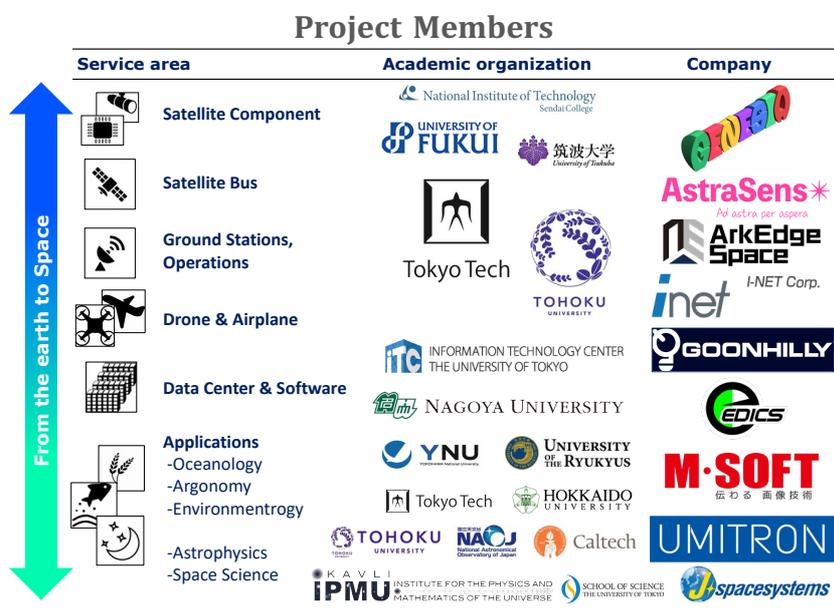


図5：産学連携うみつばめコンソーシアム（2022年）

実機開発については、COVIDによる大学閉鎖や電気部品の長納期化の問題はあったものの、概ね当初の計画どおりにフライトへ向けて進んでいる。これまでに、センサシステムのエンジニアリングモデルで環境試験を実施し、フライトモデル製造が完了した（図6）。衛星バスについては、2021年6月に基本設計審査、12月にはフライトモデルの設計を完了し詳細設計審査を行った。2021年度末までに衛星に搭載するコンポーネントの調達が完了しており、2022年度はフライトモデルの統合や環境試験を実施し、打ち上げに向けて粛々と開発を進めている（図7）。



図6：紫外線望遠鏡フライトモデル



図7：紫外線望遠鏡の熱環境試験

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Niwano Masafumi, Murata Katsuhiro L, Adachi Ryo, Wang Sili, Tachibana Yutaro, Yatsu Yoichi, Kawai Nobuyuki, Shimokawabe Takashi, Itoh Ryosuke	4. 巻 73
2. 論文標題 A GPU-accelerated image reduction pipeline	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 14 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psaa091	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 -
1. 著者名 Sasada Mahito et al.	4. 巻 7
2. 論文標題 J-GEM optical and near-infrared follow-up of gravitational wave events during LIGO 's and Virgo 's third observing run	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 1~25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptab007	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 -
1. 著者名 KIKUYA Yuhei, IWASAKI Yohei, YATSU Yoichi, MATUNAGA Saburo	4. 巻 64
2. 論文標題 Attitude Determination Algorithm Using Earth Sensor Images and Image Recognition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES	6. 最初と最後の頁 82 ~ 90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2322/tjsass.64.82	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 -
1. 著者名 Coughlin Michael W., Yatsu et al.	4. 巻 885
2. 論文標題 GROWTH on S190425z: Searching Thousands of Square Degrees to Identify an Optical or Infrared Counterpart to a Binary Neutron Star Merger with the Zwicky Transient Facility and Palomar Gattini-IR	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L19 ~ L19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab4ad8	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 -

1. 著者名 Yoichi Yatsu; Toshiki Ozawa; Kenichi Sasaki; Hideo Mamiya; Nobuyuki Kawai; Yuhei Kikuya; Masanori Matsushita; Saburo Matunaga; Shouleh Nikzad; Pavaman Bilgi; Shrinivas R. Kulkarni; Nozomu Tominaga; Masaomi Tanaka; Tomoki Morokuma; Norihide Takeyama; Akito Enokuchi	4. 巻 106990E
2. 論文標題 Conceptual design of a wide-field near UV transient survey in a 6U CubeSat	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings Volume 10699, Space Telescopes and Instrumentation 2018: Ultraviolet to Gamma Ray;	6. 最初と最後の頁 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2313026	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 該当する

〔学会発表〕 計21件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Katsuhiko Murata
2. 発表標題 Development of transient detection method and GPU-accelerated image reduction pipeline
3. 学会等名 SPIE (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kouichi Hagino
2. 発表標題 Origin of the in-orbit instrumental background of the Hard X-ray Imager onboard Hitomi
3. 学会等名 SPIE (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naoki Ogino
2. 発表標題 Origin of the in-orbit instrumental background of the Hard X-ray Imager onboard Hitomi
3. 学会等名 SPIE (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Daisuke Yonetoku
2. 発表標題 High-redshift gamma-ray burst for unraveling the Dark Ages Mission: HiZ-GUNDAM
3. 学会等名 Gravitational wave physics and astronomy: Genesis, KICKOFF workshop (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kei Watanabe
2. 発表標題 Engineering Model Development Status of HIBARI: Micro Satellite for Technology Demonstration of Variable Shape Attitude Control
3. 学会等名 宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kei Watanabe
2. 発表標題 Engineering Model Development of HIBARI: MicroSatellite for Technology Demonstration of Variable-Shape Attitude Control
3. 学会等名 Small Satellite Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoichi Yatsu
2. 発表標題 超小型衛星で切り拓く紫外線時間領域天文学
3. 学会等名 宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷津 陽一
2. 発表標題 深層学習を応用した革新的地球センサ・スタートラッカーの開発
3. 学会等名 JAXA革新的衛星技術実証ワークショップ 2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 谷津 陽一
2. 発表標題 世界初の紫外線時間領域天文衛星打ち上げへ
3. 学会等名 第11回光赤外線大学間連携ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoichi Yatsu, Nobuyuki Kawai, Shrinivas Kulkarni, Saburo Masunaga, Kiyono Miyamoto,, Kenichi Sasaki, Hiroki Ando, Tsuyoshi Nakashima
2. 発表標題 6U CubeSat for Ultraviolet Time-Domain Astronomy
3. 学会等名 Small Satellite Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoichi Yatsu, Nobuyuki Kawai, Shouleh Nikzad, Shrinivas Kulkarni, Nozomu Tominaga, Masaomi Tanaka, Tomoki Morokuma, Naotaka Suzuki, Saburo Matunaga, Norihide Takeyama, Akihito Inokuchi
2. 発表標題 Ultra wide-field UV transient exploration satellite Hibari
3. 学会等名 The Fourth COSPAR Symposium Small Satellites for sustainable Science and Development (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yohei Iwasaki, Yuhei Kikuya, Toshiki Ozawa, Yusuke Shintani, Yuto Masuda, Kei Watanabe, Hideo Mamiya, Hiroki Ando, Tsuyoshi Nakashima, Yoichi Yatsu, Saburo Matunaga
2. 発表標題 Development and Initial On-orbit Performance of Multi-Functional Attitude Sensor using Image Recognition
3. 学会等名 Small Satellite Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kei Watanabe, Yuhei Kikuya, Yusuke Shintani, Kenichi Sasaki, Hiroki Ando, Tsuyoshi Nakashima, Kiyono Miyamoto, Kaoru Matsubara Saburo Matsunaga, Yoichi Yatsu
2. 発表標題 Concept Design and Development of 30kg Microsatellite HIBARI for Demonstration of Variable Shape Attitude Control
3. 学会等名 Small Satellite Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Yatsu, T. Ozawa, S. Harita, N. Kawai, K. Tawara, S. Matunaga, S. Nikzad P. Bilgi, S. Kulkarni, N. Tominaga, M. Tanaka, T. Morokuma, T. Sakamoto, N. Vasquez, on behalf of Hibari team
2. 発表標題 Micro-satellite for Ultraviolet Transient Exploration
3. 学会等名 Astrorob2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 谷津陽一、小澤俊貴、間宮英生、河合誠之、菊谷侑平、松永三郎、S.Nikzad、P.Bilgi、S.R.Kulkarni、富永望、田中雅臣、諸隈智貴、坂本貴紀、N.Vasquez
2. 発表標題 超小型衛星による広視野・紫外線サーベイ
3. 学会等名 2017GRB研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 谷津 陽一、小澤俊貴、間宮英生、河合誠之、菊谷侑平、松下将典、松永三郎、S. Nikzad, P. Bilgi, S.R. Kulkarni、富永望、田中雅臣、諸隈智貴、坂本貴紀、N. Vasquez
2. 発表標題 紫外線広視野サーベイのための超小型衛星開発
3. 学会等名 高エネルギー宇宙物理学連絡会研究会(2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷津 陽一、間宮英生、小澤俊貴、河合誠之、菊谷侑平、松下将典、松永三郎、富永望、田中雅臣、諸隈智貴、S. Nikzad, P. Bilgi, S.R. Kulkarni、坂本貴紀、武山芸英、江野口章人
2. 発表標題 紫外線広視野サーベイのためのキューブサット開発
3. 学会等名 日本天文学会2018年春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoichi Yatsu, Nobuyuki Kawai, Saburo Matunaga, Shouleh Nikzad, Shrinivas Kulkarni, Nozomu Tominaga, Yuhei Kikuya, Pavaman Bilgi, Masanori Matsushita, Masaomi Tanaka, Tomoki Morokuma, Hideo Mamiya, Yusuke Shintani, Norihide Takeyama, Akito Enokuchi
2. 発表標題 WIDE-FIELD UV SURVEY FOR THE EARLY PHASE EMISSION FROM GW SOURCES
3. 学会等名 42nd COSPAR Scientific Assembly 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Yatsu, T. Ozawa, H. Mamiya, N. Kawai, S. Matunaga, S. Nikzad, P. Bilgi, S. Kulkarni, N. Tominaga, M. Tanaka, T. Morokuma, T. Sakamoto, N. Vasquez, on behalf of Hibari team
2. 発表標題 Status report of the Wide-Field UV Space Telescope
3. 学会等名 GW Genesis Annual meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷津 陽一、間宮英生、小澤俊樹、河合誠之、富永望、田中雅臣、諸隈智貴、S.R.Kulkarni、P Bilgi、S.Nikzad、新谷勇介、菊谷侑平、松永三郎、武山芸英、江野口章人
2. 発表標題 突発天体探査のための超広視野紫外線サーベイ計画
3. 学会等名 超小型衛星利用シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷津陽一、間宮英夫、小澤俊貴、河合誠之、新谷勇介、菊谷侑平、松永三郎、富永 望、田中雅臣、諸隈智貴、Shouleh Nikzad、Pavaman Bilgi、Shrinivas Kulkarni、武山芸英、江野口章人
2. 発表標題 紫外線広視野サーベイのためのキューブサットの開発 II
3. 学会等名 日本天文学会2019春季年会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 画像処理装置	発明者 谷津陽一、岩崎陽平、菊谷侑平、松永三郎	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-139611	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 画像処理装置	発明者 谷津陽一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-134620	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 画像処理装置	発明者 谷津陽一	権利者 国立大学法人東京工業大学
産業財産権の種類、番号 特許、特開2020-015416	取得年 2020年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

産学連携のチームによる陸・海観測超小型衛星プロジェクト  
<https://www.titech.ac.jp/news/2020/047297.html>  
 「革新的衛星技術実証3号機のテーマ公募」選定結果について  
[https://www.kenkai.jaxa.jp/kakushin/news/202005\\_1.html](https://www.kenkai.jaxa.jp/kakushin/news/202005_1.html)  
 うみつばめ Project PETREL  
<http://www.hp.phys.titech.ac.jp/umitsubame/>  
 深層学習でリアルタイム軌道上画像識別を実現  
<https://www.titech.ac.jp/news/2018/043225.html>  
 研究テーマを宇宙で実証 JAXAのイプシロンロケット4号機で打上げへ  
<https://www.titech.ac.jp/news/2019/043335.html>  
 宇宙に行くOlive、重力波を生んだブラックホール衝突の謎に挑む  
<https://special.nikkeibp.co.jp/atcl/TEC/16/090700042/120900006/?P=2>  
 深層学習を用いた画像認識技術  
<http://www.kenkai.jaxa.jp/kakushin/interview/01/interview07.html>  
 Microsatellites in Tokyo Tech  
[https://www.titech.ac.jp/english/research/stories/space\\_and\\_satellite.html](https://www.titech.ac.jp/english/research/stories/space_and_satellite.html)

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
研究協力者	河合 誠之  (Kawai Nobuyuki)	東京工業大学・理学院・教授    (12608)	
研究協力者	松永 三郎  (Matunaga Saburo)	東京工業大学・工学院・教授    (12608)	
研究協力者	富永 望  (Tominaga Nozomu)	国立天文台・科学研究部・教授    (62616)	
研究協力者	田中 雅臣  (Tanaka Masaomi)	東北大学・理学研究科・准教授    (11301)	
研究協力者	鈴木 尚  (Suzuki Nao)	ローレンス・バークレー国立研究所・Researcher	

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
研究協力者	クルカーニ シュリ  (Kulkarni Shri)	カリフォルニア工科大・Professor	

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	カリフォルニア工科大	NASAジェット推進研究所	