

令和 5 年 6 月 30 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H00698

研究課題名（和文）超小型衛星による紫外線突発天体探索

研究課題名（英文）Ultraviolet Transient Survey with a Very Small Satellite

研究代表者

河合 誠之（Kawai, Nobuyuki）

東京工業大学・理学院・教授

研究者番号：80195031

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,600,000円

研究成果の概要（和文）：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を観測することを目的として、約20平方度の天域を200-300nmの波長域で観測する広視野近紫外線天体監視超小型衛星「うみつばめ」を開発した。2023年末に打ち上げて、重力波第4期観測（04）期間中に1年以上、紫外線領域での突発天体天体の検出および重力波事象に対する迅速な追跡観測を実施できる見込みである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

世界初の近紫外線領域における広視野突発天体探索衛星を用いて連星中性子星合体直後の紫外線放射を観測することにより、重元素合成や中性子星の状態方程式に関する知見、自由中性子起源の紫外線放射、ジェット起源の放射など合体現象の物理、重力崩壊型超新星のショックブレイクアウトの観測からも超新星の親星と周囲の環境など、基礎的な物理学から恒星天文学、天体物理学にいたる各種の学術的知見が得られる。また本研究では、地球観測ミッション「マルチスペクトル海洋観測技術の実証」との相乗りという産学連携による超小型衛星開発モデルを実現し、超小型衛星の利用における学術利用（科学観測）と社会実用の両立の新しいあり方を提示する。

研究成果の概要（英文）：We have developed the microsatellite named "Umitsubame (PETREL)" equipped with a wide-field near-ultraviolet telescope. The primary objective of this mission is to detect and promptly conduct follow-up observations of rapid transient phenomena in the ultraviolet region. Specifically, we aim to observe phenomena such as the ultraviolet emission from neutron star binary mergers associated with gravitational waves and the shock breakout of core collapse supernovae in the nearby universe. Umitsubame will cover a sky area of approximately 20 square degrees, focusing on the wavelength range of 200-300nm. The scheduled launch for the satellite is at the end of 2023, and it is anticipated to perform coordinated observations for over a year during the fourth phase of gravitational wave observations (04).

研究分野：宇宙物理学

キーワード：紫外線天文学 重力波 超新星 突発天体 超小型衛星 中性子星

## 1. 研究開始当初の背景

### 重力波天文学の幕開け— 連星中性子星合体からの重力波検出と電磁波対応天体の出現:

2017年、重力波天文台 LIGO-Virgo は連星中性子星合体からの重力波事象 GW170817 が初めて検出され、世界中の天文学研究者を巻き込んで、あらゆる波長域で追跡観測が行われた。中性子星連星の合体では飛散した中性子物質からランタン系希土類などの r 過程元素が大量に合成され、その崩壊による電磁波放射「キロノバ」が観測されると予想されていたが、実際に重力波検出から半日後に重力波到来方向に出現した光学天体が発見され、その母銀河が星形成の不活発な S0 型の NGC 4993 と特定され、その距離 40 Mpc も重力波観測から推定された距離と一致した。スペクトル中には実際に重元素が生成されている兆候が確認され、まさに予想されていたキロノバが観測されたものと考えられている。LIGO-Virgo-KAGRA による O3 (第3期重力波観測) は 2019 年に、O4 は 2022-2024 年に計画されており、さらに多くの連星中性子星合体现象が検出されると期待される。連星中性子星合体直後から急速に減光する紫外線の観測は、飛散物の分布と運動に重要な情報を与えるが、GW170817 では観測が始まったのは 1 日近く後だったため、今後の重力波に即応できる紫外線の観測が重要となった。

地上から観測できない紫外線領域の合体直後の観測は難しい。2005 年より現在に至るまで、UVOT (紫外線可視光望遠鏡) を備える Swift 衛星が機動的な観測を行っているが、その視野は 17 分角と狭く、(広視野ガンマ線バースト検出機 BAT によって同時にガンマ線バーストが検出されるという特別な場合を除き) 地上からの指令で観測を開始するまでに最低でも 1~2 時間の遅れが生じる。実際、GW170817 では地上望遠鏡に遅れをとった。連星中性子星合体直後の紫外線放射を観測するためには、重力波検出の速報に直ちに反応できる Swift を上回る機動性をもつ紫外線宇宙望遠鏡が必要となる。また、その望遠鏡に大きな視野を持たせることにより、重力波検出と独立に視野内で重力波事象に対応する紫外線放射を捉えるチャンスも生まれる。

### もうひとつの背景：超小型衛星実用時代の幕開け

$\lambda < 300 \text{ nm}$  の紫外域で広域サーベイを実現するためには衛星バスの調達が必要になる。しかしながら、本格的な衛星開発は巨額の開発費・時間を要する。実際、国内の科学衛星計画は 2020 年代中盤までの予定が埋まっており、重力波天文学の立上げりに間に合わない。

・東工大における実績 我々東工大チームは、このように挑戦的なミッションを実現する素地となる大学規模の衛星開発を行ってきた。この 13 年の間に東工大では 4 機の衛星を作り、その全てで軌道上初期運用を成功させてきた。2 機目からは、理学系の我々のグループが参加し、放射線検出機の軌道実証や、ガンマ線バーストの硬 X 線偏光計など科学ミッションも開発・搭載し、50kg 級の衛星バスを独力で開発することが可能である。

・CubeSAT 産業の勃興 その一方、最近では安価な搭載コンポーネントの商業的サプライヤも現れている。特に、一辺 10cm の立方体を単位とする CubeSAT の共通基本バス機器 (電源、通信、姿勢制御・決定、構体) は世界に複数のメーカーが立ち上がり、安価かつ短い納期で機器を購入することが可能になってきた。商業的にはすでに 100 機を超える 3U CubeSAT で地上撮影を行う Planet 社をはじめとして、船舶情報、GPS イメージングなど多様な用途の超小型衛星が商業的に運用されている。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、紫外線領域での突発天体天体の検出および迅速な追跡観測を行うために、約 20 平方度の天域を 200-300nm の波長域で観測する広視野近紫外線天体監視装置を搭載する超小型衛星を開発することと、それを用いて、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を観測することである。

連星中性子星合体の物理: 重力波望遠鏡 LIGO、Virgo、KAGRA により 2022 年から 2 年以上にわたって行われる重力波観測(O4)において、連星中性子星合体を様々な角度、様々な波長域で、合体直後から観測することで合体飛散物の組成と速度の空間分布に関する情報を得て、以下の項目の解明を目指す。

・連星中性子星合体における元素合成。GW170817 の観測結果は 2 成分の放出物を考えることで説明される。回転軸方向に飛ばされる成分はニュートリノ風によって中性子から変換された陽子を多く含むため比較的軽い元素が合成され、合体直後には短い波長の光も放射する。このモデルをさまざまな視線角度の観測によって検証する。

- ・中性子星の状態方程式。合体後の飛散物の運動や組成は、中性子星の状態方程式に依存することから、観測結果を数値シミュレーションと比較することによって、状態方程式への制限を得る。
- ・自由中性子起源の紫外線放射。飛散物の表面の薄い層に分布する自由中性子の崩壊に起因する紫外線が短時間放射されるとする理論的予言を検証し、飛散物の密度や運動の情報を得る。
- ・ジェットに駆動された熱的コクーン放射。連星中性子星合体によって生まれた高速回転ブラックホールまたは超重量中性子星が駆動するジェットが飛散物に穴をあけるときの加熱によって生じる高温ガス空洞（コクーン）の熱的放射が、紫外線～軟 X 線で観測される可能性があり、ジェット駆動の物理と短いガンマ線バーストとの関連から非常に重要である。

### 3. 研究の方法

本研究では、広視野近紫外線望遠鏡を搭載した超小型衛星(当初は 6U キューブサットを想定)を開発する。JAXA 等によるロケット相乗りあるいは ISS からの軌道投入の機会を獲得し、最終年度に軌道上から観測することを目標とする。本研究によって開発する紫外線衛星と、その観測運用の当初構想の模式図を図 1 に示す。本研究で開発するのは、主に衛星バスと通信系である。紫外線望遠鏡の光学系とカメラは、別予算(科研費若手 A、代表 谷津陽一)で開発する。CMOS 撮像素子は JPL/Caltech から提供を受ける予定であった。申請者が科学チームに加わっている地上天文観測ネットワーク (GROWTH, MITSuME, OISTER) と衛星ミッション (MAXI, Fermi, Swift) とも連携観測を実施し、理論家と協力して解釈をする。そのため、以下の研究協力者からサポートを得る：

- 東工大 工 松永三郎 教授：衛星システム開発統括、-観測装置筐体機構設計・熱設計
- カリフォルニア工科大 S. Kulkarni 教授：-大面積紫外線 CCD・信号処理回路、ZTF、GROWTH 等地上観測との連携、-ミッション戦略の検討
- 国立天文台 富永望 教授：-ミッション検討・評価、-バックアップサイエンスの検討

本研究期間 4 年間の間に超小型衛星を設計・製作し、最終年度に始まる重力波観測 04 に合わせて、1 年間の観測を実施する。なお、本研究開始の前年度 (2018 年度) にサイエンス戦略検討と衛星システム設計および紫外線望遠鏡の設計を行っている。

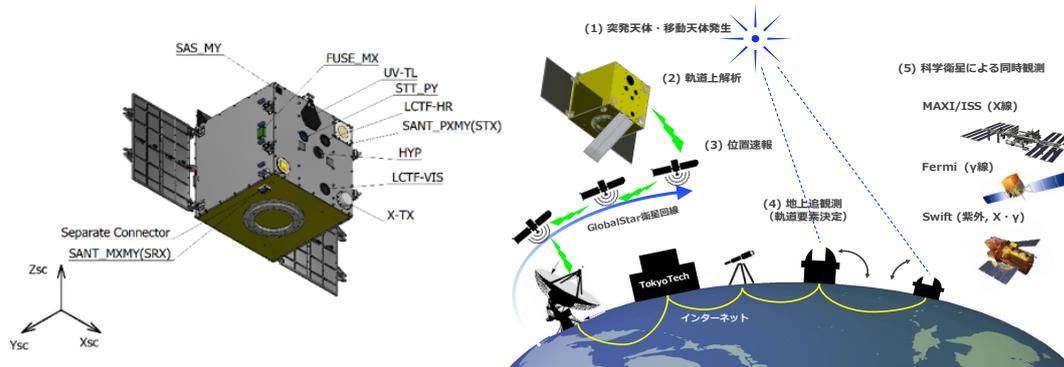


図 1：本研究で開発する紫外線観測衛星の外観（左）と、その運用の模式図（右）。

### 4. 研究成果

#### 「うみつばめ」衛星の完成と重力波観測への対応

世界初の広視野近紫外線広視野望遠鏡衛星の開発に成功した。衛星の相乗りへの基本設計の変更、および COVID-19 による部品調達の困難と打ち上げロケットの変更という外部要因により、本研究による衛星開発は申請当初の予定から 1 年余り遅れたが、研究期間内に最終設計と搭載品をほぼ完成させ、地上試験を残すだけとなった。一方、LIGO-Virgo-KAGRA による第 4 期重力波観測 (04) も約 1 年遅れて 2023 年 5 月に開始された。現在の予定通りに 2023 年内に打上げられれば、04 期間中に 1 年以上、対応観測を実施できる見込みである。以下に開発の過程を詳述する。

#### 50kg 級衛星への方針変更と「うみつばめ」産学連携スキームの構築

本研究では、紫外線領域での突発天体天体の検出および迅速な追跡観測を行うための超小型衛星を開発することを目的として研究を開始した。当初は、6U CubeSat を衛星バスとして想定していたが、光学系の設計を進めた結果、軌道上の熱環境に対応することが難しいことと、様々なバス部品の費用が高価であることが明らかになってきた。一方、東工大松永研究室を中心に JAXA 革新的衛星技術実証 2 号機で「超小型衛星による可変形状機能を用いた姿勢制御の軌道上

実証」を行う超小型衛星「ひばり」の50kg級衛星バスの開発が進み、これを採用することによって、熱設計が容易になることが明らかになった。そこで、基本構成は「ひばり」をベースとし、ここから工学実験要素を省き、天文観測に必要な機能を持たせた。具体的には、高精度な姿勢制御を実現するための3機のリアクションホイールと、大容量のデータレコーダ、画像データを地上へ転送するためにXバンド送信機を新たに採用した。また、消費電力が「ひばり」のおよそ2倍となったため、2翼の展開式太陽電池パドルを採用した。図3にこのシステムブロック図を示す。この概念検討に基づき JAXA 宇宙研小規模プロジェクトとして提案し、本研究補助金では不足するフライトモデルの開発費を獲得した。一方、この予算は打ち上げ費用は含まれないため、別途 JAXA の革新的衛星技術実証3号機への搭載を提案した。大きさに余裕ができたこともあり、衛星リソースを地球・海洋観測ミッション「超低コスト高精度姿勢制御バスによるマルチスペクトル海洋観測技術の実証」と共有することにより費用面の問題を克服し、「うみつばめ」衛星として開発することになった。もともと太陽光の散乱のために日照時の紫外線観測は想定していなかったため、衛星の昼は地球観測、日陰では天体観測を行うというように完全に両立が可能である(図4)。2019年度にこの衛星と共同研究の枠組みを決定し、JAXA 革新的衛星技術実証3号機のテーマに採択された。フライトはこの時点で2022年10月のイプシロン6号機となった。

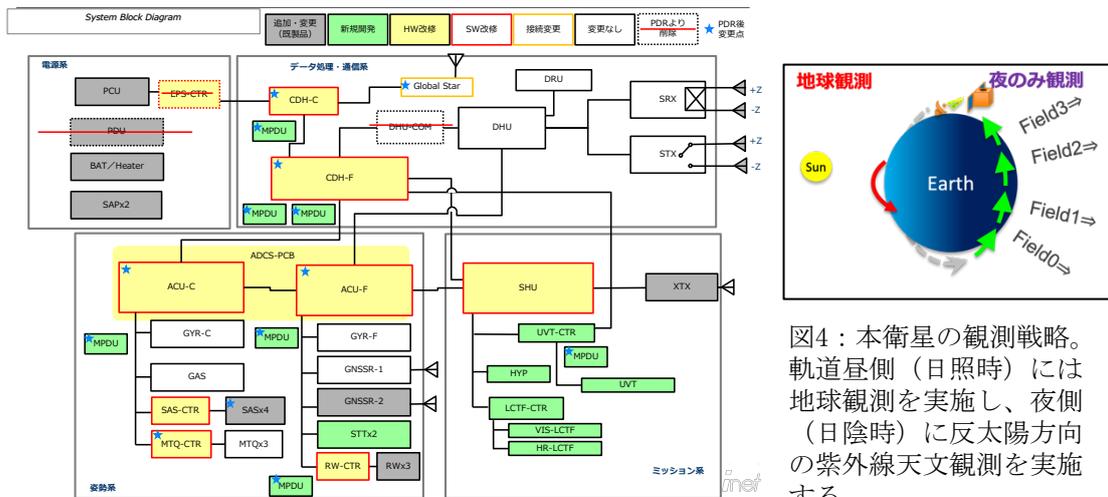


図3: 「うみつばめ」衛星のシステムブロック図

図4: 本衛星の観測戦略。軌道昼側(日照時)には地球観測を実施し、夜側(日陰時)に反太陽方向の紫外線天文観測を実施する。

### 詳細設計と「ひばり」衛星による技術実証

2021年には概念設計をベースに、実際の人工衛星のシステム設計、すなわち機器レイアウト、太陽電池・蓄電池のサイジング、通信回線設計、運用手順検討を行った。6月の設計審査会にてミッション要求が満たされることを確認し、衛星搭載品の購入を開始した。また、ロケット事業者から、ロケットエンジンからの汚染付着の予測値が報告された。紫外線は有機物によって簡単に吸収されてしまうため、検出感度に影響するおそれがあったため、急遽望遠鏡の開閉口に開閉式の汚染防止カバーを設置することとした。開閉機構は万が一展開できない場合、ミッション失敗につながるため、太陽電池パドルと一体とする案など複数案を検討し、姿勢安定度や設計難易度、重量制約等を勘案して設計した。

この開発と並行して、紫外線観測に必須となる恒星姿勢センサ(STT)の開発を行い、「ひばり」衛星(図4)に組み込んで打ち上げた。このセンサは地上試験でのクロスボアサイトでの姿勢決定性能が $\pm 2$ 秒角@ $1\sigma$ と同クラス内では世界トップレベルの性能を達成し、軌道上でも設計通りの動作が確認された。「ひばり」衛星は軌道上で順調に動作し、紫外線観測の要となる恒星姿勢センサやリアルタイム通信機等、国内に存在しなかった技術を独自に設計・開発して軌道上で動作実証まで完了させた。特にSTTの技術開発については経産省から高く評価され、その一層の高性能化・高機能化のための補正予算(R2補正宇宙開発利用推進研究開発(小型衛星コンステレーション関連要素技術開発(軌道・姿勢制御技術(うちスタートラッカー)))を申請し採択されるに至っている。一方で、JAXA側から打ち上げロケット変更の打診を受けた。コロナ禍にあり、部品調達が遅延していたことを勘案してこの申し出を受諾した。そのためフライト当初予定していた2022年10月のイプシロンロケットを見送り、2023年3月の打ち上げを想定して開発工程の見直しを行うこととなった。搭載されるはずだったイプシロンロケットの打ち上げが失敗であったので、結果的にこの変更は本研究には幸運であった。

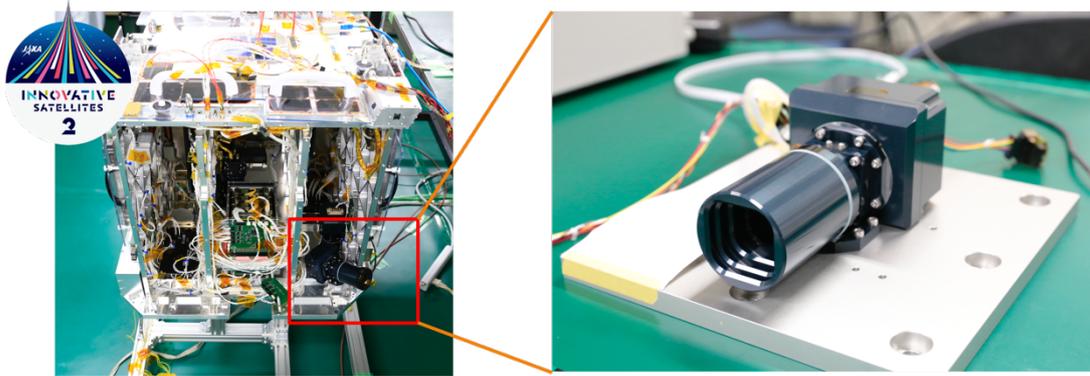


図4：ひばり衛星と軌道上実証を実施中のSTT

### 紫外線望遠鏡と衛星バスの最終設計と地上試験

衛星バスの設計開発を進めてきた中で、本プロジェクトの技術障壁の一つが放熱板を用いた紫外線観測センサの冷却であった。2021年度には機能検証のために望遠鏡と放熱板だけの供試体で簡易実験を行ったが、最終年度は実際の衛星と同じ熱・光学特性を有する熱・構造モデルに紫外線望遠鏡のフライトモデル（図5）を搭載して、実際にデータを取得している状態でセンサ温度を $-20^{\circ}\text{C}$ 以下に維持できること確認することとした。実験は帝京大学の熱真空試験環境装置で実施した。この結果、センサ基板とセンサ制御回路間を繋ぐフレキシブルケーブルからの熱のリークがあり、衛星本体からの熱がここを介して放熱板に流れていることが判明した。そこで、フレキシブルケーブルを長いものに変更することで、コンダクタンスを高め、センサの温度を下げようと試みた。また、衛星バス側では衛星の生命線である電池ユニット取付部の熱環境を確定し、熱計装を確定した。

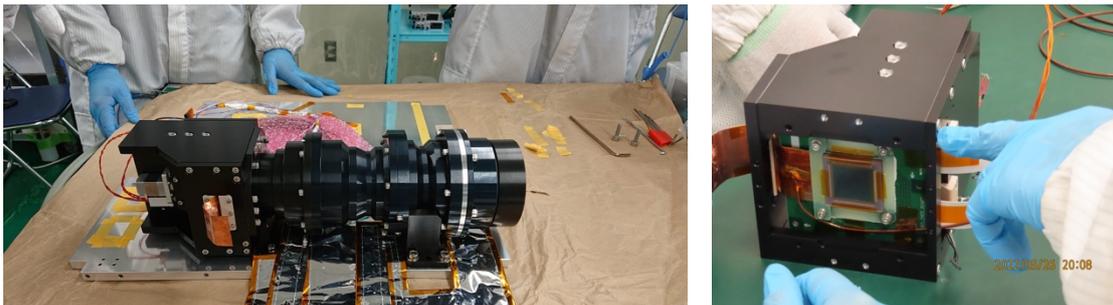


図5：紫外線望遠鏡アセンブリと紫外線センサユニット

電装系については、「ひばり」衛星の設計を踏襲したものの、すべてがカスタム設計であったためメンテナンス性に課題があった。そこで紫外線衛星では、これらを可能な限り共通設計として機能ごとに分割するとともに、キューブサットにも搭載可能な $90\text{mm}\times 90\text{mm}$ 角サイズに収め、全て電気メーカーに設計・製造を委託した。これにより、同一の電子回路セットを、姿勢制御系、CDH系、電源系、ミッション系に用いることができ、ハードウェアの設計・製造・デバッグにかかる開発コストを大幅に抑制することに成功した。すでにそれぞれにプログラムを実装して、電気統合試験を完了した（図6-左）。

本来、2022年度中に打ち上げられる予定であったが、ロケット事業者側のロケット選定が難航したために、5月の打ち上げはキャンセルとなった。報告書執筆時点での最新のフライトスケジュールは2023年11月末であり、これに向けてフライトモデルの最終組み上げ、環境試験等を進める予定である（図6-中・右）。



図6：衛星制御回路群（左）、熱構造モデルの熱真空試験（中）、熱構造モデルの振動試験（右）

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2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 Ogino Naoki, Arimoto Makoto, Sawano Tatsuya, Yonetoku Daisuke, Goto Hatsune, Hyeonsoon Wang, Hiraga Junko, Sakamoto Takanori, Sei Kensyo, Yatsu Yoichi	4. 巻 11444
2. 論文標題 Development of a fast readout system of a CMOS image sensor for the time-domain astronomy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. SPIE 11444, Space Telescopes and Instrumentation 2020: Ultraviolet to Gamma Ray	6. 最初と最後の頁 114445L
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2560605	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 Murata Katsuhiro, Iida Kota, Niwano Masafumi, Yatsu Yoichi, Kawai Nobuyuki, Oeda Motoki, Shiraishi Kazuki, Adachi Ryo, Ogawa Futa, Toma Sayaka, Hosokawa Ryohei	4. 巻 11449
2. 論文標題 Development of transient detection method and GPU-accelerated image reduction pipeline	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. SPIE 11449, Observatory Operations: Strategies, Processes, and Systems VIII	6. 最初と最後の頁 114491Z
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2561258	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 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 Ogino Naoki, Arimoto Makoto, Sawano Tatsuya, Yonetoku Daisuke, Goto Hatsune, Hyeonsoon Wang, Hiraga Junko, Sakamoto Takanori, Sei Kensyo, Yatsu Yoichi	4. 巻 -
2. 論文標題 Development of a fast readout system of a CMOS image sensor for the time-domain astronomy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference 2021	6. 最初と最後の頁 1-2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2560605	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 谷津陽一、渡邊奎	4. 巻 115
2. 論文標題 衛星からの画像解析と姿勢推定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 天文月報	6. 最初と最後の頁 507-516
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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39件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 庭野聖史、河合誠之、谷津陽一、村田勝寛ほか
2. 発表標題 GPU を用いた高速画像一次処理パイプライン
3. 学会等名 日本天文学会2020年 春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 飯田康太、村田勝寛、河合誠之、谷津陽一ほか
2. 発表標題 深層学習を用いた MITSuME 望遠鏡画像からの突発天体検知 (2)
3. 学会等名 日本天文学会2020年 春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小川風太、谷津陽一、河合誠之ほか
2. 発表標題 超小型衛星用紫外線CMOSイメージセンサ の特性評価
3. 学会等名 日本天文学会2020年 春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡邊奎, 宮本清菜, 中条俊大, 谷津陽一, 松永三郎, ひばり開発チーム
2. 発表標題 2. 発表標題 可変形状姿勢制御衛星ひばりの開発状況について
3. 学会等名 30th. Workshop on Astrodynamics and Flight Mechanics, ISAS/JAXA, Sagamihara, C-13
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kei Watanabe, Yuhei Kikuya, Kiyona Miyamoto, Tsuyoshi Nakashima, Teruaki Hayashi, Yoichi Okamoto, Naoki Kawaguchi, Hiroyuki Kobayashi, Soichi Sato, Shogo Nerome, Toshihiro Chujo, Yoichi Yatsu, Saburo Matunaga
2. 発表標題 Engineering Model Development of HIBARI: MicroSatellite for Technology Demonstration of Variable-Shape Attitude Control
3. 学会等名 34th Annual AIAA/USU Conference on AIAA/UTAH Small Satellite Conference, SSC20-V-07 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡邊 奎, 中条俊大, 宮本清菜, 谷津陽一, 松永三郎, ひばり開発チーム
2. 発表標題 可変形状姿勢制御実証衛星ひばりの エンジニアリングモデルの開発状況
3. 学会等名 第64回宇宙科学技術連合講演, 4C01
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 谷津 陽一、中村 倫敦、尾形 舜、原 拓輝、渡邊 奎、小林 寛之、川口 直毅、河合 誠之、Shrinivas Kulkarni、富永 望、田中 雅臣、諸 隈 智貴、鈴木 尚、松永 三郎、坂本 祐二、中条 俊大、宮本 清菜、武山 芸英、江野口 章人、小林 裕章、卯尾 匡史、楠 絵莉子
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 第21回 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 衛星シェアリングによる持ち寄りパーティ型産学連携
3. 学会等名 第5回スマート宇宙機器システムシンポジウム（招待講演）
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 Kei Watanabe, Yuhei Kikuya, Kiyona Miyamoto, Tsuyoshi Nakashima, Teruaki Hayashi, Yoichi Yatsu et al.
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 2020, Logan UT (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoichi Yatsu
2. 発表標題 Ultraviolet Transient Explorer "PETREL (Umi-TSUBAME)"
3. 学会等名 Multi-messenger Astrophysics of Explosive Transients - Gravitational wave physics and astronomy: Genesis Area Workshop 2021 Autumn (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷津 陽一
2. 発表標題 陸・海域観測分光ビジネス実証および紫外線天文衛星 “うみつばめ”
3. 学会等名 第65会宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村 倫敦
2. 発表標題 小型衛星搭載用高性能スタートラッカの性能評価
3. 学会等名 第65会宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷津 陽一
2. 発表標題 天文学から始まるSDGs衛星「うみつばめ計画」
3. 学会等名 Tokyo Tech Research Festival (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷津 陽一
2. 発表標題 超小型の課題
3. 学会等名 高エネルギー宇宙科学連絡会・第21回高宇連研究会「今後の高宇連宇宙科学ミッション推進へ向けて」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ogino Naoki, Arimoto Makoto, Sawano Tatsuya, Yonetoku Daisuke, Goto Hatsune, Fujii Takeru, Hiraga Junko S., Sei Kensyo, Yamamoto Ayumi, Sakamoto Takanori, Yatsu Yoichi, Mihara Tatehiro
2. 発表標題 Development of an FPGA-based Readout System of CMOS Image Sensor toward Future Satellite Missions
3. 学会等名 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 尾形舜
2. 発表標題 CMOSイメージングセンサにおける発光現象の解明
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 Kei Watanabe
2. 発表標題 Initial In-Orbit Operation Result of Microsatellite HIBARI: Attitude Control by Driving Solar Array Paddles
3. 学会等名 36th Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤宗一
2. 発表標題 50kg級超小型衛星ひばりの2段階パドルの展開挙動解析と軌道上評価について
3. 学会等名 第64回構造強度に関する講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoichi Yatsu
2. 発表標題 Exploration of ultraviolet counterparts in space
3. 学会等名 Symposium on Gravitational wave physics and astronomy: Genesis (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoichi Yatsu
2. 発表標題 PETREL (Wide field UV Transient survey)
3. 学会等名 Monitoring the high-energy sky with small satellites (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷津陽一
2. 発表標題 産学連携で切り開く脱炭素時代の地球観測システム
3. 学会等名 電子情報通信学会、宇宙・航行エレクトロニクス研究会(SANE) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷津陽一他
2. 発表標題 超低コスト高精度姿勢制御バスによるマルチスペクトル陸/海洋観測技術の開発状況
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林大輝
2. 発表標題 紫外線天文・陸・海観測超小型衛星うみつばめの姿勢系設計
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松永三郎
2. 発表標題 可変形状姿勢制御実証衛星ひばりの軌道上運用状況
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林寛之
2. 発表標題 紫外線天文学・陸・海観測超小型衛星うみつばめのシステム設計と開発
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 徳安彰大
2. 発表標題 紫外線天文学・陸・海観測超小型衛星うみつばめの通信設計
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田代克樹
2. 発表標題 紫外線天文学・陸・海観測超小型衛星うみつばめのC&DH系設計
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三木晴太
2. 発表標題 紫外線天文学・陸・海観測超小型衛星うみつばめの電源系設計
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安田萌恵
2. 発表標題 紫外線天文学・陸・海観測超小型衛星うみつばめの構造設計
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大坪恵人
2. 発表標題 紫外線天文学・陸・海観測超小型衛星うみつばめの熱設計
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 根路銘省吾
2. 発表標題 S帯とGlobalstar衛星通信を用いた超小型衛星ひばりの通信系の開発と軌道上 運用結果
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 塚野達樹、寺田怜央、谷津陽一
2. 発表標題 X線高分解能撮像に寄与する革新的な観測方位計測システム " TAMS " の提案
3. 学会等名 日本天文学会2023年春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺田怜央、塚野達樹、谷津陽一
2. 発表標題 X線高分解能撮像に寄与する革新的な観測方位計測システム”TAMS”のクロ スプリズムの研究報告
3. 学会等名 日本天文学会2023年春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 渋川雅人
2. 発表標題 紫外線宇宙望遠鏡のフォーカス調整システムの開発
3. 学会等名 日本天文学会2023年春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 能登亮太郎
2. 発表標題 紫外線突発天体探査衛星うみつばめの突発天体検知手法開発
3. 学会等名 日本天文学会2023年春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大平明日香
2. 発表標題 宇宙望遠鏡のための紫外線カタログ開発
3. 学会等名 日本天文学会2023年春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 江良真結子
2. 発表標題 天体画像における深層学習を用いたラインノイズ除去手法
3. 学会等名 日本天文学会2023年春季年会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

うみつばめ Project PETREL <a href="http://www.hp.phys.titech.ac.jp/umitsubame/index2.html">http://www.hp.phys.titech.ac.jp/umitsubame/index2.html</a>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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	谷津 陽一  (Yatsu Yoichi)  (40447545)	東京工業大学・理学院・准教授    (12608)	

	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	松永 三郎  (Matsunaga Saburo)	東京工業大学・工学院・教授   (12608)	
研究協力者	クルカルニ シュリ  (Kulkarni Shri)	カリフォルニア工科大・教授	

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	富永 望  (Tominaga Nozomu)	国立天文台・教授	

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学			
シンガポール	南洋理工大学			