

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：32601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01257

研究課題名(和文)イリジウム衛星を用いた機上突発天体速報システムの実証実験

研究課題名(英文) Demonstration of a real-time alert system of transient sources using the Iridium satellite network

研究代表者

坂本 貴紀 (Sakamoto, Takanori)

青山学院大学・理工学部・教授

研究者番号：00645161

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：民間衛星通信を用いた突発天体の速報システムを実証する 1U CubeSat プロジェクト、ARICA の開発が 2018年に開始された。約3年間の開発期間で、衛星の設計、製作、様々な環境試験を実施し、2021年11月、JAXA イプシロンロケット5号機で打ち上げられ、予定の軌道へ投入された。しかし、残念ながら ARICA からのデータの受信、そして、ARICA へのデータの送信とも一度も成功できていない。ARICA の再挑戦ミッション ARICA-2 の開発を2022年度から開始し、2-3年後の打ち上げを目指す。

研究成果の学術的意義や社会的意義

いち大学で衛星の設計、製造、そして、引き渡しまで達成する事ができた事は大きな成果であった。残念ながら、ARICA はおそらく衛星のトラブルで衛星の運用ができていない状況だが、衛星を安全に製作し、JAXA へ引き渡せたという事が大学の研究室で可能という事をしっかりと内外へアピールできた。ARICA の開発中は衛星開発の様子をSNS などで積極的に発信したため、青山学院大学で衛星開発をしているという事が広く認知され、社会的意義も非常に大きかったと認識している。

研究成果の概要(英文)：ARICA project started in 2018 to demonstrate a real-time alert system of transient astrophysical sources using commercial satellite networks. We conducted the satellite's design, development, and various environmental tests over three years. ARICA was successfully launched by JAXA's Epsilon rocket#5 on November 2021. However, communication with ARICA has not been established since the launch. We start the recovery mission of ARICA, ARICA-2, and are aiming to launch in two or three years.

研究分野：X線、ガンマ線天文学

キーワード：突発天体 速報システム イリジウム衛星 グローバルスター衛星

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

“Time-domain Astronomy” (時間領域天文学)はアメリカで、2010年に発表された今後10年間、天文学および宇宙物理学の分野で焦点を当てるべき研究分野についての提言レポート (2010 Decadal survey) において重点領域として明言された項目のひとつである。NASA の Swift 衛星は高エネルギー帯域において、ガンマ線バースト、マグネター、超新星のショックブレイクアウト、活動銀河核のフレアー、そして、潮汐破壊現象と様々な時間スケールでの突発天体現象の活動の瞬間を捉える事に成功している。

Swift 衛星がこれだけ大きな成果を挙げている要因は、機上で自動的にデータを解析し、突発天体を検出する優れたソフトウェア、新たに発見された突発天体を即座に狭視野 X線、および紫外可視光望遠鏡で追観測できる機動力、そして、検出した突発天体を地上に速報する能力を有するからである。また、一世代前の NASA のガンマ線バースト観測衛星 High Energy Transient Explorer-2 (HETE-2) では、突発天体の速く、正確な位置速報のおかげで、超新星を伴うガンマ線バーストの発見という大成果を挙げた。

2. 研究の目的

時間領域天文学は、今後も我々研究者の予想を良い意味で裏切る発見が続くと世界的に考えられており、天文学のフロンティア領域のひとつである。宇宙での人工衛星を用いた観測において、観測データを機上で自動解析し、発見した突発天体を地上観測者へ速報する比較的安価なシステムとして、気球などで利用されているイリジウム衛星やグローバルスター衛星を用いる方法がある。本研究ではイリジウム衛星とグローバルスター衛星を用いた速報システムを構築し、そのシステムを 1U CubeSat に組み込み、打ち上げ、そして実際に宇宙軌道上にて速報システムの実証試験を行う事を目的とする。

3. 研究の方法

現在、利用可能な民間の衛星ネットワークとしては、高度 780 km を飛行する 66 機の衛星からなるイリジウム衛星と高度 1414 km を飛行する 32 機の衛星からなるグローバルスター衛星のネットワークがある。これら 2 つの民間衛星ネットワークを利用した、突発天体の速報システムの軌道上実証実験を 1U CubeSat で行う。突発天体を機上で発見してから、地上に速報するまでの遅延時間、地上での通信不可時間の割合、そして、地上からのコマンドが正しく機上で実行される割合、および実行までの遅延時間などを軌道上の実データを用いて検証する。

4. 研究成果

民間衛星通信を用いた突発天体の速報システムを実証する 1U CubeSat プロジェクト、ARICA (AGU Remote Innovative Cubesat Alert system) の開発が 2018 年に開始され、同じく 2018 年に JAXA 革新的衛星技術実証 2 号機の実証テーマのひとつとしても採択され、打ち上げ機会を得ることができた。約 3 年間の開発期間で、衛星の設計、製作、様々な環境試験 (図 1) を実施し、また、衛星に必要な審査 (JAXA の安全審査、総務省の送信機の予備免許申請、内閣府の宇宙活動法の申請) も全て終え、2021 年 8 月 18 日に JAXA 側への ARICA 衛星の引き渡しりが完了した (図 2)。そして、2021 年 11 月 9 日、JAXA イプシロンロケット 5 号機で打ち上げられ、予定の軌道へ投入された。しかし、打ち上げから 6 ヶ月が経過したが、残念ながら ARICA からのデータの受信、そして、ARICA へのデータの送信ともに一度も成功できていない。チームによる原因究明はまだ続いているが、おそらく致命的なハードウェアのトラブルが発生している可

能性が高いと考えている。ARICA で実証しようとしていた目的は、将来への日本独自の突発天体探査衛星の実現などに向けて、今でも重要なものである。そのため、ARICA の再挑戦ミッション ARICA-2 の開発を 2022 年度から開始し、2-3 年後の打ち上げを目指す。

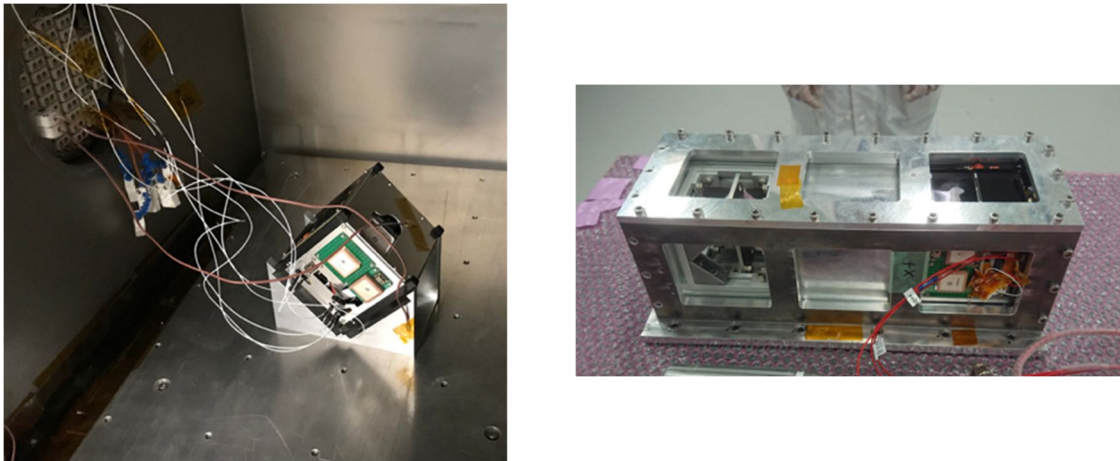


図 1 熱真空試験の様子 (左)。振動試験実施のため、振動試験ケースに投入された ARICA (右)。

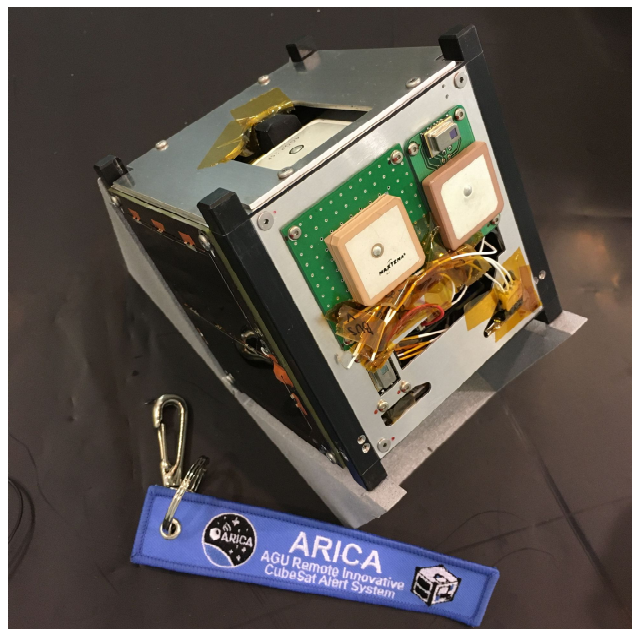


図 2 JAXA へ引き渡し直前の ARICA

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 2件）

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | 坂本貴紀、芹野素子、段毛毛、合摩裕貴、渡辺智也、畑泰代、高橋暉、上田裕貴、永峯優斗、榎戸輝揚、和田有希、谷津陽一 |
| 2. 発表標題 | 1U キューブサットによる機上突発天体速報システムの実証実験 |
| 3. 学会等名 | 第64回宇宙科学技術連合講演会（招待講演） |
| 4. 発表年 | 2020年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | Y. Hata, T. Sakamoto, M. Serino, M. Duan, T. Watanabe, Y. Gouma, H. Takahashi, Y. Ueda, Y. Nagamine, T. Enoto, Y. Wada, Y. Yatsu |
| 2. 発表標題 | Flight Model Development of the AGU Remote Innovative CubeSat Alert system - ARICA |
| 3. 学会等名 | 35th Small Satellite Conference（国際学会） |
| 4. 発表年 | 2021年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | 坂本貴紀、芹野素子、段毛毛、畑泰代、上田裕貴、永峯優斗、伊澤 梓実、鴨志田一真、榎戸輝揚、和田有希、谷津陽一 |
| 2. 発表標題 | 1U キューブサットによる機上突発天体速報システムの実証実験：2021年度の進捗状況 |
| 3. 学会等名 | 第65回宇宙科学技術連合講演会（招待講演） |
| 4. 発表年 | 2021年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | 坂本貴紀、芹野素子、段毛毛、合摩裕貴、渡辺智也、畑泰代、高橋暉、榎戸輝揚、和田有希、谷津陽一 |
| 2. 発表標題 | 1U キューブサットによる機上突発天体速報システムの実証実験 |
| 3. 学会等名 | 第63回宇宙科学技術連合講演会（招待講演） |
| 4. 発表年 | 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 段毛毛、坂本貴紀、芹野素子、合摩裕貴、渡辺智也、畑泰代、高橋暉、榎戸輝揚、和田有希、谷津陽一 |
| 2. 発表標題 ARICA: Evaluate a Real-time Alert using the Commercial Satellite Networks |
| 3. 学会等名 Yamada Conference LXXI: Gamma-ray Bursts in the Gravitational Wave Era 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 段毛毛、坂本貴紀、芹野素子、合摩裕貴、渡辺智也、畑泰代、高橋暉、榎戸輝揚、和田有希、谷津陽一 |
| 2. 発表標題 ARICAによる突発天体速報システムの実証実験 |
| 3. 学会等名 日本物理学会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 児玉太志、坂本貴紀、段毛毛、渡辺智也、合摩裕貴 |
| 2. 発表標題 民間通信衛星を用いた突発天体速報システムの開発 |
| 3. 学会等名 日本物理学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 渡辺智也、児玉太志、段毛毛、合摩裕貴、坂本貴紀、芹野素子 |
| 2. 発表標題 突発天体速報実証衛星 ARICA のプロ ジェクト進捗状況 |
| 3. 学会等名 日本天文学会 |
| 4. 発表年 2019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 |
|---------|---------|
|---------|---------|