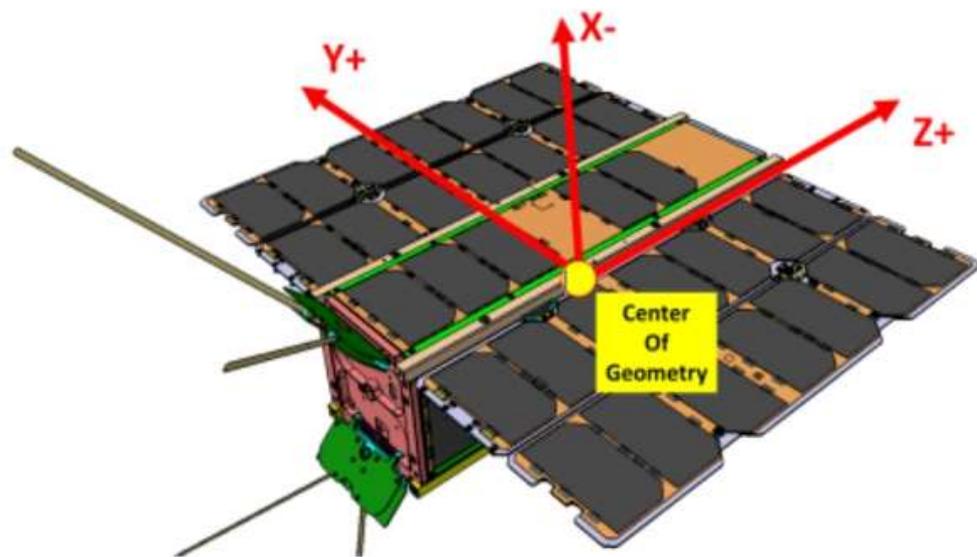
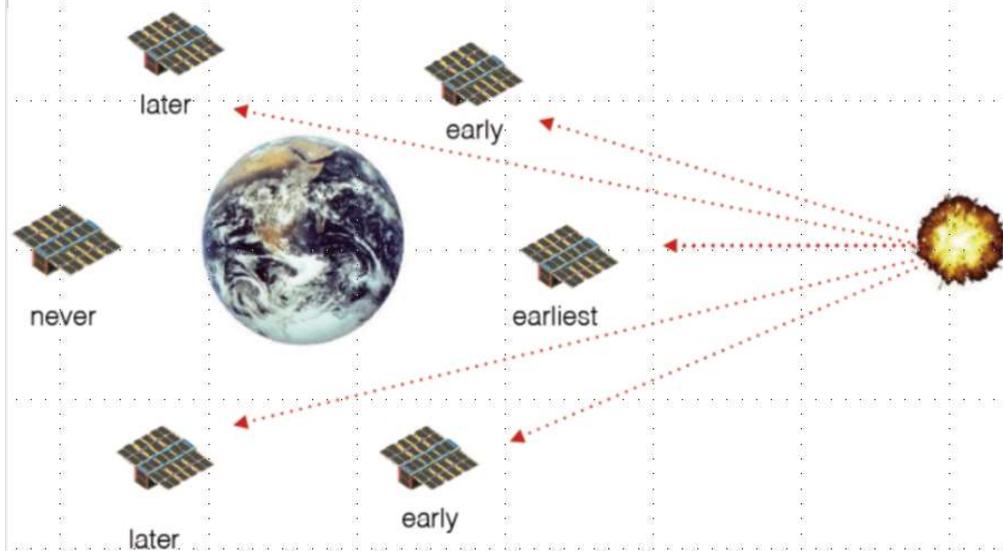


①発表番号	②セッション	③セッション名	
4-3	セッション4	宇宙科学ミッション	
④発表タイトル			⑤発表者所属・氏名
超小型衛星群CAMELOT計画によるガンマ線全天監視と重力波対応天体の探査			広島大学 高橋 弘充
⑥著者	⑦所属	⑧代表者メールアドレス	⑨現在の状況：
高橋 弘充	広島大学		開発移行可能
⑩概要（200字程度）		⑪本ミッションの狙い	⑫実現のキーとなる要素技術
電磁波に加え重力波やニュートリノなどによるマルチメッセンジャー天文学には、ガンマ線による全天モニターが必須である。従来のガンマ線衛星は、視野は広いが天体の位置決定精度は粗い、もしくは位置精度は高いが視野が狭い、の2パターンである。我々は、超小型衛星を複数打ち上げ、全天をカバーしつつ、お互いの衛星がガンマ線を検出した時刻の差から、約1度で天体位置を決定するCAMELOT計画を推進している。現在は、試験衛星を2機打ち上げ、3機目の打ち上げも今年に予定している。今後も打ち上げ機会を獲得し、順次打ち上げたい。		重力波天体の候補であるガンマ線バーストの天球上での位置を、超小型衛星群を用いて約1度の精度で求めて、他の衛星や天文台へ即時に通知する。	GPSを用いてガンマ線検出時刻をオンボードで決定し、通信衛星を用いて検出時刻を地上へ即時に通知する。
⑬本ミッションを達成するために必要な衛星のスペック・機能・軌道		⑭開発状況・計画	
3Uスケール。2台のガンマ線検出器(150 x 75 x 5 mm ³ 平面シンチレータ+SiPM(MPPC)光検出器、2台で1 kg以下)搭載。姿勢決定機器を可能なら搭載。1日あたり数MBダウンリンク。5W以下で、アナログ回路(50Vの2次電圧必要)とデジタル回路(FPGA含む)。LEO軌道。		1Uと3U超小型衛星を2機打ち上げ、順調に衛星運用、ガンマ線データ取得ができています。2024年に2U衛星を3機目として打ち上げ予定。今後も打ち上げ機会を狙い、得られれば1年以内に衛星を製作する。	

⑮衛星のイメージ図



⑯ミッションのイメージ図 (※あれば)



⑰ ミッションや技術詳細

重力波を発する天体の候補であるガンマ線バーストは、現在のガンマ線衛星では、広い視野で数度の位置決定精度、もしくは狭い視野で数分角の精度で発見される。発見後は衛星間通信により直ちに通知され、電波や可視光、X線などの他波長で追跡観測がされてきた。しかし、通常の可視光望遠鏡の視野は0.5度以下であることが多く、天体位置の決定精度が数度では追跡しづらい。そこで我々は、複数の3Uサイズ超小型衛星により、全天をカバーしながら、お互いのガンマ線検出時刻の差から、天体の位置を約1度の精度で即時通報するCAMELOT計画を進めている。現在は、1Uと3U試験衛星を2機打ち上げて、順調に衛星運用、データ取得が続いている。2Uサイズの3機目も2024年に打ち上げ予定である。今後も打ち上げ機会を獲得して、順次打ち上げたい。

ガンマ線検出器は、信号数が十分な統計を持つように大型にしたいが、超小型衛星では特に重量制限が厳しいため、150 x 75 x 5mm厚の「平面」シンチレータを利用する。5mm厚あれば、10-300 keVのガンマ線を検出可能であり、大型衛星のガンマ線検出器と同等の150 x 75 mm²の面積を併せ持つ。平面シンチレータから、以下にシンチレーション光を損失なく読み出すかが検出器開発の鍵となっている。シンチレーション光の読み出しにはSiPM (MPPC)光検出器を利用する。このシンチレータ+光検出器の読み出しは、将来の日本の大型X線・ガンマ線衛星でも利用が期待されている。アナログ回路にはSiPMの動作電圧50V、デジタル回路には天体信号の検出時刻を100us精度で決める機能も持つ。全体で5W以下。ガンマ線バーストや太陽フレアなどの突発信号が起こったタイミングで、衛星間通信により検出時刻を即時通報する。通常の地上局とのダウンリンクでは、データ量は1日あたり数MBである。アンテナは、アマチュア無線帯も持つことで、全世界のアマチュア無線網SatNOGSを利用してHKデータを受信している。

このような3U衛星を複数打ち上げるため、打ち上げは世界中のあらゆる機会を狙う。世界中のコミュニティで協力し、約10機が離れた軌道に存在すれば、全天をカバーしつつ約1度の精度でガンマ線バーストなどの突発天体の位置を決定できる見込みである。

⑱ 参考文献など (optional)

1. Werner, N., Rípa, J., Pal, A., et al. 2018, in Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, Vol. 10699, Space Telescopes and Instrumentation 2018: Ultraviolet to Gamma Ray, 106992P
2. Pal, A., Ohno, M., Meszaros, L., et al. 2023, Astronomy & Astrophysics, Vol 677, A40