

関西学院大学 研究成果報告

2026年 2月 12日

関西学院大学 学長殿

所属：理工学研究科
職名：博士研究員
氏名：橋本遼

以下のとおり、報告いたします。

研究制度	<input type="checkbox"/> 特別研究期間 <input type="checkbox"/> 自由研究期間 <input type="checkbox"/> 大学共同研究 <input type="checkbox"/> 個人特別研究費 <input checked="" type="checkbox"/> 博士研究員 ※国際共同研究交通費補助については別様式にて作成してください。
研究課題	可視域における系外銀河背景放射観測衛星、超小型衛星VERTECSの開発
研究実施場所	関西学院大学
研究期間	2025年 4月 1日 ～ 2026年 3月31日 (12ヶ月)

◆ 研究成果概要 (2,500字程度)

上記研究課題に即して実施したことを具体的に記述してください。

<p>本研究は、JAXA-SMASHプログラムに採択された6U超小型衛星VERTECS (Visible Extragalactic Radiation Background Exploration by CubeSat) の開発と宇宙観測を通じて、宇宙進化の解明に迫る。超小型衛星VERTECSは6Uと呼ばれる規格(1U:10cm立方)の小型衛星で、可視光領域での系外銀河背景放射の観測が目的である。宇宙背景放射には、系外銀河の光に加えて初期宇宙の形成過程で発生した光が含まれており、この宇宙の形成の歴史を紐解く手がかりである。これまでの取り組みにより、背景放射は可視領域付近にて系外銀河の積算光よりも明るいことが観測されており、この超過成分こそが初期宇宙で発生した光ではないかと考えられている。この超過成分を詳細に議論するため、VERTECSは、400-800 nmの可視光域を100 nm幅で4分割し、既知銀河積算光の約1/10の精度で撮像することを目標とする。小型衛星という制約の下で高精度観測を実現するため、光学系・姿勢制御系を統合的に設計し、観測誤差要因を系統的に抑制する構成とした。運用は最大2年間で、1年間で全天の約40%を観測対象とする計画である。九州工業大学における小型衛星開発基盤を活用し、約3年での開発完了と2026年度の打ち上げを目標としている。</p> <p>科学目標を達成するためには、観測精度の確保と軌道上での長期安定運用が前提となる。とりわけ、既知銀河積算光の約1/10という精度目標は、光学性能の温度依存性、検出器ノイズ特性、電力・通信の安定性といった複数の要素が同時に成立することを要求する。このため設計において、試作機とフライト機の段階的試験によって妥当性を検証した。</p>
--

まず光学系について、常温・大気中で焦点位置および像の大きさを測定し、光学的な基礎性能を評価した。続いて、後述する熱真空試験の結果に基づき、軌道上で想定される動作温度範囲を $\pm 5^{\circ}\text{C}$ と設定した。その範囲内で最適な焦点が維持されるよう、検出器位置の調整を行った。その上で、真空・低温環境下で複数の温度条件における焦点移動量を実測し、温度変化が光学性能に与える影響を定量的に評価した。

検出系については、温度変化が読み出しノイズおよび暗電流に与える影響を評価した。複数温度でノイズ特性を測定し、必要な信号対雑音比が確保される条件を特定した結果、長時間露光と検出器ピクセルのビニングによって、目標観測精度を満たすことを確認した。これらの評価により、光学系および検出系が科学要求から導かれる精度条件に整合していることを実機レベルで検証した。

宇宙環境では対流が存在せず、熱は主として放射と伝導によって移動する。このため、地上とは異なる熱的な検証が求められる。低温・真空試験は九州工業大学の大型真空チャンバーを用いて実施した。衛星には最小限の電源系のみを接続し、環境条件を可能な限り宇宙環境に近づけた状態で熱平衡を形成し、各部の温度分布と時間変化を計測した。取得したデータを熱解析モデルと比較することで、熱伝達経路および放射特性の妥当性を検証した。さらに、軌道上での約90分周期の日照・日陰の繰り返しを模擬するため、外部ヒータによる放射加熱を用いて温度サイクルを再現した。温度変動下においても各サブシステムが動作許容範囲内に維持されることを確認し、観測機器の性能が安定していることを評価した。

打ち上げおよび軌道投入時には、衛星は強い振動、ならびに瞬間的な衝撃を受ける。九州工業大学の加振器に乗せ、まずダミーモデルにより固有振動数と共振モードを計測し、設計値との整合を確認した上で、フライト機に対してロケット打ち上げ時を上回るレベルのランダム振動を付与した。さらに、軌道投入時の射出衝撃を模擬した衝撃試験を実施し、瞬間的な高加速度負荷に対する耐性を検証した。試験前後には光学アライメントの再測定およびソーラーパネル展開試験を行い、振動・衝撃による負荷が観測性能や電力確保に影響を及ぼさないことを確認した。

上の各種環境試験および機能試験を踏まえ、最終段階として統合機能試験を実施した。本試験では、打ち上げ直後の初期運用から姿勢安定化、観測開始、データ取得・送信に至るまでの一連の運用シナリオを地上で再現し、衛星システム全体の整合性を確認した。具体的には、連続したコマンド系列を投入し、姿勢制御、画像撮影、データ記録、通信ダウンリンクを段階的に実行した。3日間相当の運用シーケンスを通して、電力収支および通信容量に余裕があることを確認するとともに、各サブシステム間のインタフェースに不整合が生じていないことを検証した。また、観測データの取得から地上解析系への受け渡しまでを通貫で確認し、科学データとして有効な品質が維持されていることを評価した。これにより、個別サブシステムの成立性とどまらず、ミッション全体としての実行可能性を総合的に実証した。

本研究では、私はシステムエンジニアとして衛星全体の設計・開発を統括した。光学系、構造系、電気系、通信系といった各サブシステムの仕様が相互に整合するよう調整し、インタフェース管理と全体最適化を主導した。さらに、環境試験および機能試験では、計画立案から実施管理、結果の評価、設計へのフィードバックまでを一貫して担当し、フライト仕様の確定に貢献した。衛星は、ハードウェアとして成立しているだけでなく、軌道上で確実に運用できることまで含めて要求を満たす必要がある。すなわち、設計・製造を担うシステム側の視点と、実際に衛星を運用する側の視点の双方を踏まえた統合が不可欠である。私はその橋渡し役として、設計判断が運用制約と矛盾しないかを常に確認しながら調整を行い、システム全体としての実行可能性を担保した。

これらの開発成果および技術的知見については、日本天文学会および国際学会である第76回 International Astronautical Congress (IAC) において発表を行い、衛星開発の進捗、技術的課題、ならびにその解決手法を報告した。

以上

報告用紙②

※個人特別研究費：研究費支給年度終了後2ヶ月以内 博士研究員：期間終了まで

提出先：研究推進社会連携機構（NUC）

※特別研究期間、自由研究期間の報告は所属長、博士研究員は研究科委員長を経て提出してください。

◆研究成果概要は、大学ホームページにて公開します。研究遂行上大学ホームページでの公開に支障がある場合は研究推進社会連携機構までご連絡ください。