令和７年６月３０日

国立大学法人福井大学

超小型衛星「FUSION-1」
ハイパースペクトルを含む地球観測に成功

本研究成果のポイント

- ◆ 福井大学、セーレン、福井テレビ、福井工業大学が共同開発した超小型衛星「FUSION-1」が地球観測に成功
- ◆ キューブサットによる地上分解能20m/pixel級の可視近赤外ハイパースペクトル観測に成功
- ◆ 産業用カメラ・レンズおよび画像圧縮技術を活用し、小型で高解像度な観測と効率的なデータ伝送を実現

概要

国立大学法人福井大学 産学官連携本部（以下「福井大学」）の青柳賢英准教授は、セーレン株式会社（以下「セーレン」）、福井テレビジョン放送株式会社（以下「福井テレビ」）、福井工業大学と共同で開発し、2025年1月15日に打ち上げた、約10cm×10cm×約30cmの超小型衛星（3Uキューブサット）「FUSION-1（フュージョンワン）」に搭載された4台のメインカメラによる地球観測に成功しました。

FUSION-1には、HD動画撮影が可能なNanCam（動画カメラ）とWanCam（広域動画カメラ）、地上分解能23m/pixel・500万画素のMRCam（中分解能カメラ）、および可視近赤外のハイパースペクトルカメラが搭載されています。これらの観測機器には、地上の民生技術である産業用カメラや画像圧縮技術が活用されており、小型で高解像度な観測と効率的なデータ伝送を実現しました。

特に、従来のハイパースペクトルカメラは大型で、重量数kgのキューブサットへの搭載は困難でしたが、線形可変フィルタと画像処理技術の活用により小型化と安定・簡便なデータ取得を実現しました。本技術を活用することで、FUSION-1は3Uキューブサットとして、地上分解能23m/pixelの可視近赤外ハイパースペクトル観測に成功しており、国内では極めて先進的な事例の一つといえます。この成果は、キューブサットによる高性能地球観測の可能性を大きく広げ、今後の実用化を促進することが期待されます。

また、本衛星は、福井県内における衛星開発から運用・利活用までを一体的に進める「FUSIONプロジェクト」の一環として開発されたものであり、今後の衛星運用・データ活用体制の確立に向けた基盤となります。

〈研究の背景と経緯〉

100kg 未満の人工衛星は一般に「超小型衛星」と呼ばれ、その中でも 1 辺 10cm の立方体を基本単位（1U）とする「キューブサット（CubeSat）注 1」は、構造の規格化等により短期間かつ低コストでの開発が可能です。このような特長から、キューブサットの打ち上げ数は年々増加しています。近年では、教育や技術実証にとどまらず、民間企業による開発も活発となり、地球観測や通信など、実用分野においても宇宙ビジネスを支える重要な存在となりつつあります。

こうした背景のもと、ふくい宇宙産業創出研究会参画機関グループは、セーレンを実施主体として、福井県内において超小型衛星の開発・製造から運用、データ提供までを一貫して担う「FUSION プロジェクト（注 2)」を推進しています。本プロジェクトにおいて福井大学は、セーレン、福井テレビ、福井工業大学と連携し、運用技術の習得を目的とした超小型衛星「FUSION-1」を開発しました（図 1)。FUSION-1 は、実績のある 3U キューブサット「TRICOM 標準衛星バスシステム（注 3)」をベースに開発されており、2025 年 1 月 15 日に SpaceX 社のロケット Falcon 9（T-12）により約 500km の軌道高度へ打ち上げられました。現在、搭載された地球観測カメラの動作確認を完了し、正常に機能していることが確認されています。FUSION-1 には、WanCam(広域動画カメラ)、NanCam（動画カメラ)、MRCam（中分解能カメラ)、可視近赤外のハイパースペクトルカメラの 4 台の地球観測カメラが搭載されており、衛星運用技術とデータ処理技術の習得に資する観測ミッションを実行可能な構成となっています。

地球観測分野では、農業・森林管理・環境モニタリングなど多様な応用において、ハイパースペクトルカメラの活用が注目されています。ハイパースペクトルカメラは、空間情報と分光情報を同時に取得できるため、物質の状態を詳細に解析し、画像として視覚化することが可能です。人工衛星に搭載することで、広範囲を定期的に観測でき、長期的に環境変化等の把握が可能となります。特にキューブサットによる観測は、従来の大型衛星に比べて高頻度のデータ取得が可能であり、農地管理や災害監視といった分野での活用が期待されています。しかし、従来のハイパースペクトルカメラは大型の分光器を必要とするため、キューブサットへの搭載は困難でした。この課題に対し、福井大学 産学官連携本部 青柳賢英准教授は、線形可変フィルタ（注 4）と画像処理技術を組み合わせることでハイパースペクトルカメラの大幅な小型化と安定・簡便なデータ取得技術を開発しました(注 5)。本技術を活用した FUSION-1 搭載ハイパースペクトルカメラは、重量 200g ながら、地上分解能 23m/pixel の可視近赤外ハイパースペクトル観測に成功しました（図 2)。

〈研究の内容〉

線形可変フィルタは、位置に応じて透過波長が連続的に変化する特性を持ち、1 回の撮像で分光画像を取得することができます。また、透過率が高いため、従来の分光器と比べて高感度な光学系を構成できます。一方で、同一波長の画像を得るには、視差や歪みを伴う複数画像を合成する必要があります。本研究では、福井大学において開発されたハイパースペクトルデータの構築および歪み補正の独自手法を適用しました。この手法では、特徴量のマッチングにより画像間の移動量を推定し、幾何変換によって画像の自動位置合わせを行うとともに、各画素に対応する透過波長を記した波長テーブルも同様に整合させ、ハイパースペクトルデータに格納します。さらに、分光画像全体の歪みを一括で補正することで、画像間の位置合わせの精度が向上し、ハイパースペクトルデータをより正確に構築することが可能となります。

FUSION-1 に搭載したハイパースペクトルカメラは、可視近赤外領域の 440～840nm をカバーしており、波長サンプリング間隔は 5nm、80 バンドの観測が可能です。軌道高度約 500km の軌道上における地上分解能は 23m/pixel です。2025 年 4 月 23 日には、インド～バングラデシュ周辺での初回観測を行い、約 21km 幅・175km の観測距離にわたるハイパースペクトル観測に成功しました。得られたデータからは、植生域や湖、裸地などの分光情報が明瞭に取得され、植生分布のマッピング(注 6)も可能であることが確認されています。

さらに、ハイパースペクトルカメラを含む 4 台の地球観測カメラには、地上で実績のある産業用カメラおよびレンズが採用されており、宇宙環境に対応するため、打ち上げ時の振動や軌道上での温度変化に耐える構造設計が施されています。また、地上で確立された民生向け画像圧縮技術を活用することで、限られたリソース下でも高解像度かつ効率的なデータ取得と伝送が可能となりました。MRCam は 457nm、530nm、628nm の 3 バンド構成で、地上分解能 23m/pixel、500 万画素以上の高精細な画像取得(図 3)に成功しました。WanCam は観測幅 464km の広域観測（図 4）に対応し、NanCam は地上分解能約 50m/pixel の撮影が可能です(図 5)。これらのカメラは、観測対象や用途に応じて切り替えて運用ができるため、多様な地球観測画像の取得が可能です。

〈今後の展開〉

ハイパースペクトル観測を含む FUSION-1 の観測成果は、キューブサットによる高性能な地球観測の可能性を大きく広げるとともに、産業用カメラやレンズが宇宙空間でも十分に活用可能であることを示しました。これらの成果により、地球観測を目的としたキューブサットの実用化が今後一層加速することが期待されます。

今後は、将来的な衛星コンステレーションの構築を見据え、運用技術の高度化と、4 台の地球観測カメラによるデータ利用の実証実験を開始する予定です。あわせて、ハイパースペクトルカメラによる観測データの継続的な取得とデータ品質の向上に取り組み、地域における農業、森林管理、防災といった分野での実用化に向けた検証を進めていきます。これらの取り組みを通じて、本技術の社会実装に向けた課題整理と運用体制の確立を図り、持続可能な宇宙産業の構築を目指します。

〈参考図〉

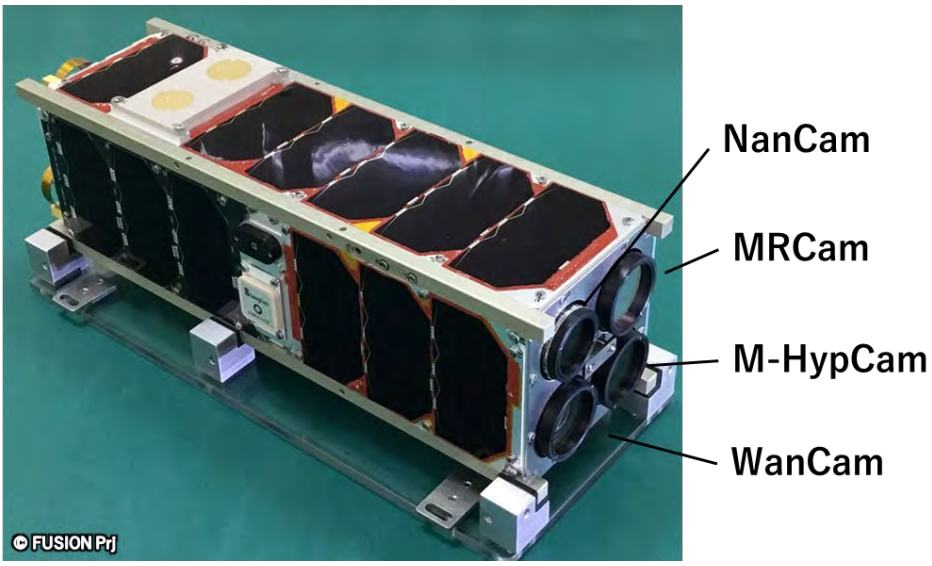
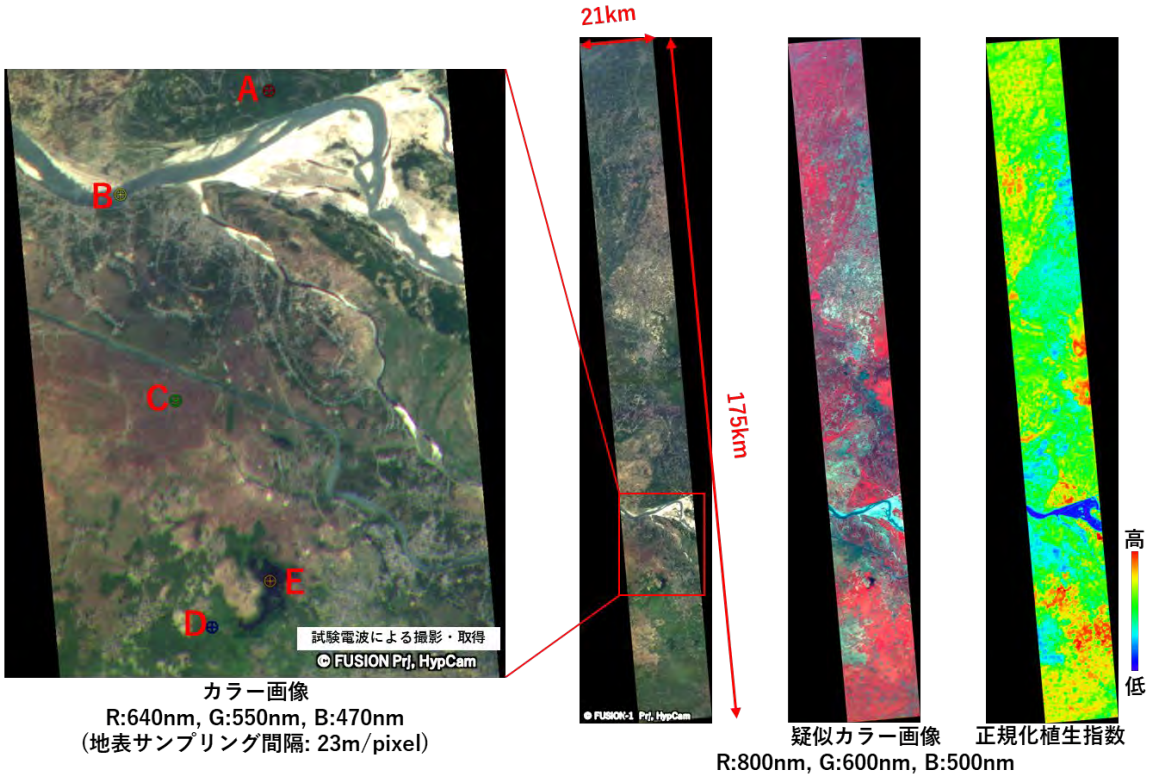


図 1：FUSION-1 衛星外観



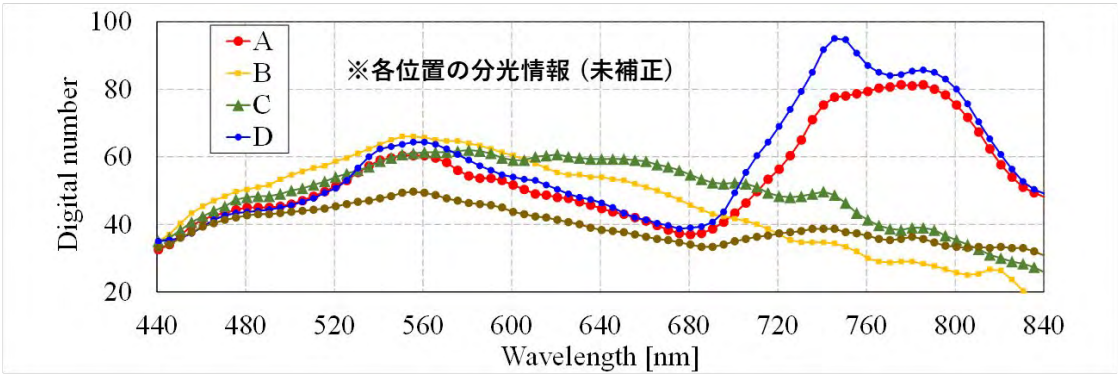


図 2：ハイパースペクトルカメラの観測例
2025 年 4 月 23 日観測、インド～バングラディッシュ周辺

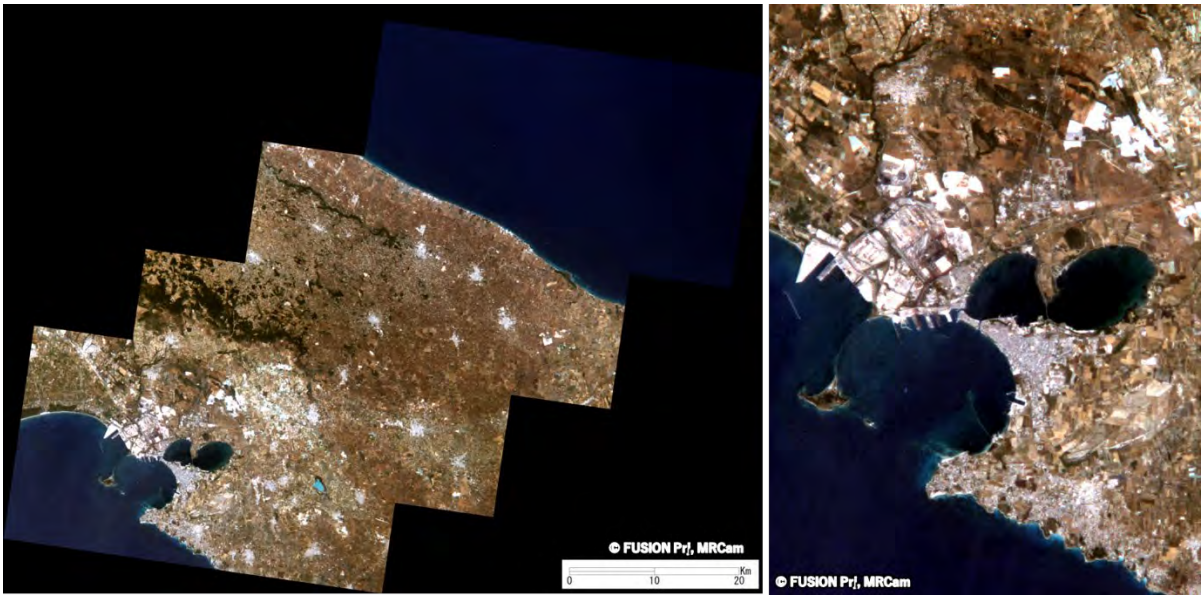


図 3：MRCam(中分解能カメラ)の観測例(左:全体、右: 拡大)
2025 年 6 月 11 日観測、イタリア南部

図 4：WanCam(広域動画カメラ)の観測例
2025 年 6 月 17 日観測、ギリシャ

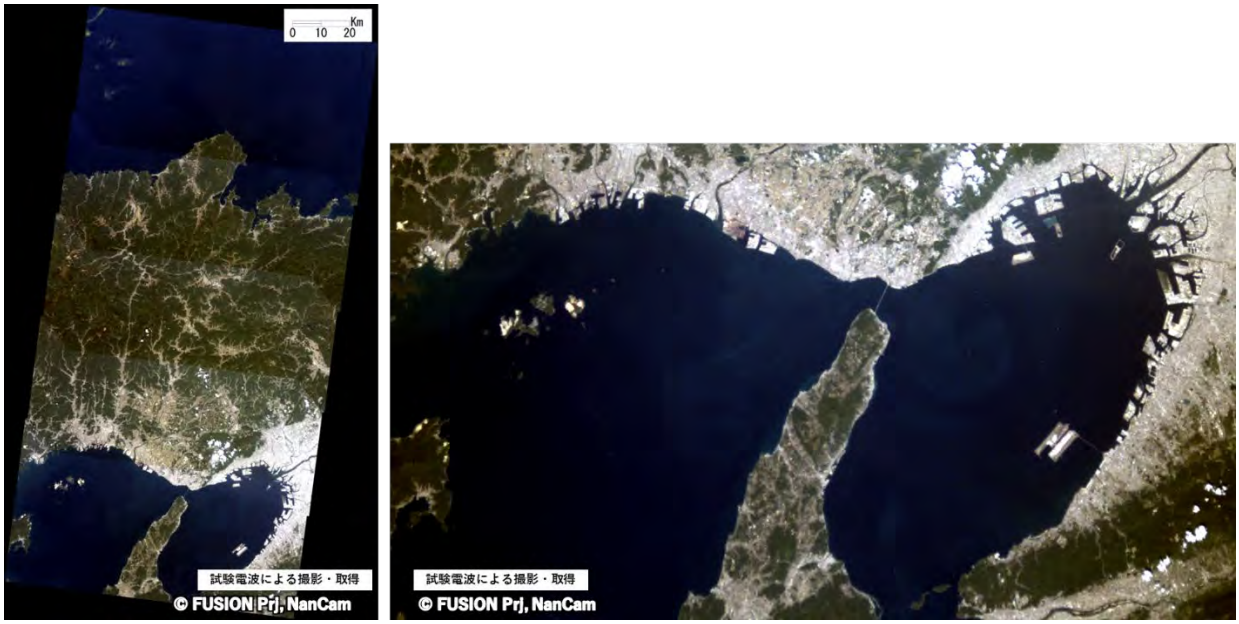


図 5：NanCam(動画カメラ)の観測例(左:全体、右： 拡大)
2025 年 5 月 13 日観測、日本(京都～大阪)

〈参考〉

FUSION-1 で得た画像や映像をより多くの方に届けるため、SNS 公式アカウントＸを開設しました。随時配信して参りますので、ぜひフォローして、宇宙から捉えた地球の姿をお楽しみいただければ幸いです。

https://x.com/FUSIONpFUSION1

𝕏 @FUSIONpFUSION1

〈用語解説〉

（注１）キューブサット（CubeSat）

10 cm×10 cm×約 10 cm を 1 つのユニット（1U）とした、超小型衛星の規格の一つ。ここ 10 年ほど、世界的に宇宙の商業利用が進んだことで、キューブサット規格の地球観測衛星や通信衛星などが､安価に大量に打ち上げられている｡3U キューブサットは、10 cm×10 cm×約 30 cm のサイズ。

（注 2）FUSION プロジェクト

ふくい衛星運用ネットワーク構築プロジェクト / FUkui Satellite Implementing of Operation Network project

本プロジェクトは、福井県の「宇宙産業ビジネス化支援事業補助金」により、支援を受け、セーレンが事業を取りまとめ、関係機関とともに推進している。

（注 3）TRICOM 標準衛星バスシステム

東京大学、福井大学とセーレンをはじめとするふくい宇宙産業創出研究会加盟企業が共同開発した軌道上実証実績のある衛星システム。

（注 4）線形可変フィルタ

LVF(Linear Variable Filter)、もしくは LVBPF(Linear Variable Band-pass Filter)フィルタの位置によって透過する波長が連続的に変化する光学素子。

（注 5）ハイパースペクトルカメラの大幅な小型化

① Yoshihide Aoyanagi, On-orbit demonstration of a Linear variable band-pass filter-based Miniaturized Hyperspectral camera for CubeSats, Journal of Applied Remote Sensing, Vol. 18, Issue 4, 044512
[doi.org/10.1117/1.JRS.18.044512]

② Yoshihide Aoyanagi, Tomofumi Doi, Hajime Arai, Yoshihisa Shimada, Masakazu Yasuda, Takahiro Yamazaki, Hiroshi Sawazaki, On-Orbit Performance and Hyperspectral Data Processing of the TIRSAT CubeSat Mission. Remote Sens. 2025, 17, 1903. [doi.org/10.3390/rs17111903]

（注 6）植生分布のマッピング

植生分布の把握には、特に「正規化植生指数(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)」が広く用いられており、植物の光合成活性に関連する反射特性（近赤外と赤の波長帯）をもとに計算される。NDVI は、値が高いほど植生が密で健康であることを示しており、農業や森林管理、環境モニタリングなどに広く利用される。

〈お問い合わせ先〉

（研究に関すること）
青柳 賢英（あおやなぎ　よしひで）
国立大学法人福井大学 産学官連携本部
〒910-8507 福井市文京 3 丁目 9 番 1 号

（報道担当）
国立大学法人福井大学 広報センター
〒910-8507 福井市文京 3 丁目 9 番 1 号