

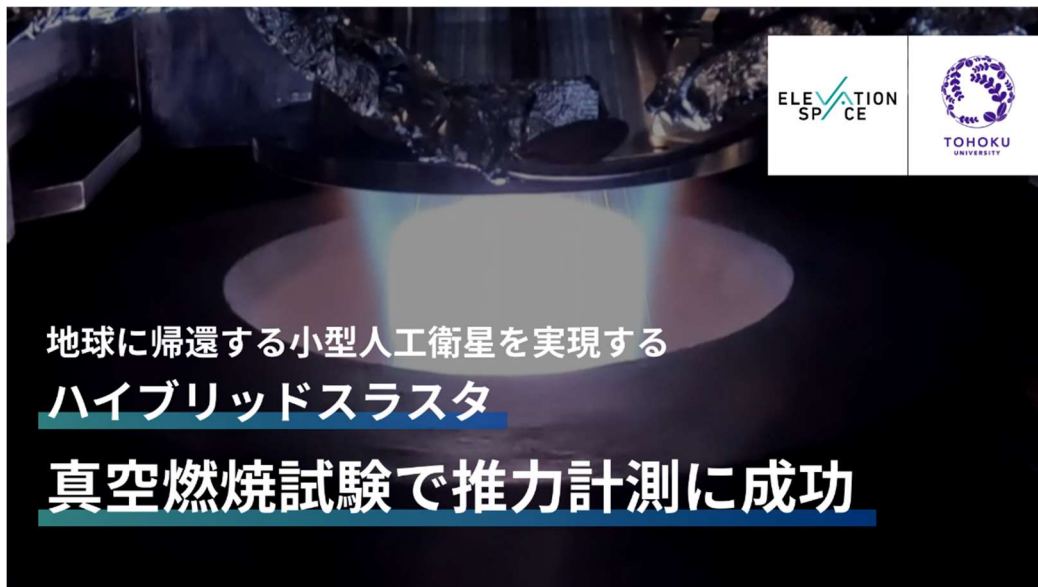
## 世界初の宇宙実証を目指す、小型衛星を地球に帰還させるための “ハイブリッドスラスタ”、実機に近い試験モデルによる長時間燃焼と、 真空環境下で軌道離脱相当の推力計測に成功

高推力&経済性&安全性を兼ね備える推進装置で、  
打ち上げ数の急増する小型衛星のデブリ回避・非デブリ化や長距離探査ミッション実現に寄与することを目指す

国立大学法人東北大学学際科学フロンティア研究所（所長：早瀬敏幸、以下「東北大学際研」）と株式会社 ElevationSpace（代表取締役 CEO：小林稜平、読み：エレベーションスペース、以下「ElevationSpace」）が取り組む、高い安全性と低コストを両立するハイブリッドスラスタ実現に向けた共同研究について、2023年10月～2024年2月にかけて、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（理事長：山川宏、以下「JAXA」）の協力のもと実施した、実機に近い試験モデルによる燃焼試験に成功したことをお知らせします。

軌道離脱を実現するような高い推力と、小型衛星に搭載可能な大きさ、経済性、安全性を兼ね備えるハイブリッドスラスタは、世界でも宇宙実証に至っている例がなく（※1）、ElevationSpace が 2025 年に打ち上げを予定している無人小型衛星で世界に先駆けた実用化を目指します。

本ハイブリッドスラスタは、打ち上げ数の急増する小型衛星市場で高い需要が見込まれるほか、月以遠への高頻度な宇宙探査実現にも寄与すると考えられ、我が国の宇宙産業市場の拡大や宇宙開発領域における国際競争力向上のため、研究開発を加速していきます。



### 背景

昨今、リモートセンシングや衛星通信などを目的とした小型衛星の需要が高まっており、内閣府のまとめによると、2013年には大型も含めて年間約 200 機程度だった衛星の打ち上げ数が、2022年には衛星コンステレーション構築を目的とした小型衛星のみで 1800 機を超えています。（※2）

小型衛星が大量に打ち上げられるようになった結果、打ち上げ機会の確保やコスト低減のため、主衛星打ち上げロケットの空いているスペースに相乗りする「ピギーバック方式」で打ち上げられることが増え、ロケットから軌道に投入された後、小型衛星自身が希望する軌道高度へ自力でたどり着く必要があるなど、小型衛星がスラスタ（推進装置）を持つ必要性が高まっています。

また、運用を終了した人工衛星などが軌道上に放置されることで「スペースデブリ（宇宙ゴミ）」になる問題も深刻化しており、運用中の衛星がスペースデブリと衝突しないよう回避する能力を持つことが必要になっています。加えて、アメリカの連邦通信委員会（FCC）は、任務終了後、衛星が燃え尽きる軌道へ移るまでの期間を「25 年以内」と定めていた規則を、「5 年以内」に変更すると発表するなど、衛星自身が運用終了後に、自ら速やかに軌道を離脱する性能を持つことも求められています。

しかし、従来、衛星質量が 500kg を下回るような小型～超小型衛星は、運用期間が短い・衛星自体の設計寿命が短いなどの理由で、スラスタが搭載されていないことも多く、搭載されていても姿勢制御や軌道の微修正といった低推力のスラスタしか持たないケースが多くありました。

また、これまでの小型衛星用スラスタは数ニュートン級の推力しか持たないものが一般的であり、軌道の移動や離脱に必要な数百ニュートン級の推力を実現することができません。

さらに、燃料として用いられることの多いヒドラジンは毒性が高く、管理・取り扱いコストが高いため、小型衛星開発のメインプレーヤーとして台頭しつつあるスタートアップ企業が利用するには安全性・経済性の両面でハードルが高く、実用化が難しい状況です。

以上のような社会背景を受け、東北大学際研、ElevationSpace は、安全性と経済性を維持しながら、高い推力を実現する小型衛星用スラスタの実用化に向けて共同研究を行っています。

## 今回実施した燃焼試験について

固体燃料と気体／液体酸化剤を用いた本ハイブリッドスラスタは、毒性の高い物質を使用しないため、取り扱いにかかる危険がなく、他の化学スラスタと比較して安全性が高いのが特徴です。また、固体スラスタでは実現できない推力制御や再着火を行えるため、月以遠の深宇宙探査といった長期ミッションにも利用可能という利点があります。

本ハイブリッドスラスタの研究開発においては、これまでに、真空環境下での着火試験（※3）、大気環境下での要素燃焼試験（※4）を行い、各種データを取得してきました。

今回の燃焼試験では、燃焼室の内部をより実機に近い試験モデルとしています。また、本試験モデルに合わせて精度の高い推力計測システムを構築し、信頼性・再現性のある推力データを取得することに成功しました。

さらに、前回試験時には、燃料に酸化剤を流すための穴（ポート）がひとつのモデル（シングルポート）を使用しましたが、今回はより大型となる、実機と同様の複数の穴（マルチポート）で大気環境下での長時間燃焼試験を実施しました。本試験において、軌道離脱に必要な長時間燃焼に成功し、世界的にも例の少ないマルチポートでの推力計測に成功しました。

試験名称： 小型衛星軌道離脱用ハイブリッドエンジン真空・大気燃焼試験

試験目的： ハイブリッドスラスタ本体への着火特性、スラスタ本体の真空環境下での短秒時燃焼特性データ（推力データ）及び大気圧下での長秒時燃焼特性データ取得

期間： 2023 年 10 月末～2024 年 2 月初旬

場所： JAXA 宇宙科学研究所（ISAS）あきる野実験施設

今後、これまでに得られた各種試験の結果を受けて EM（エンジニアリング・モデル）設計の詳細化を進め、さらに実機に近い状態での燃焼試験を複数回行うことで、最終的な FM（フライト・モデル）の設計・製造を進めていく計画です。

※1 2024年2月 株式会社 ElevationSpace 調べ

※2 「宇宙輸送を取り巻く環境認識と将来像」(2023年6月/内閣府)

<https://www8.cao.go.jp/space/committee/05-yuso/yuso-dai2/siryou2.pdf>

※3 ハイブリッドスラスタへの着火技術に関する三者間共同研究契約の締結および燃焼実験の実施について(2023年3月23日/ElevationSpace)

<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000028.000074085.html>

※4 世界初の宇宙実証へ向け、小型人工衛星を地球に帰還させるための「高推力&経済性&安全性を兼ね備える”ハイブリッドスラスタ”、軌道離脱に必要な長時間燃焼に成功(2023年8月25日/ElevationSpace、東北大学際研)

[https://elevation-space.com/posts/news\\_20230825](https://elevation-space.com/posts/news_20230825)

## 関係者コメント

### ■ 東北大学学際科学フロンティア研究所 齋藤勇士 助教

本試験実施にあたりご尽力いただきました皆様に感謝申し上げます。この試験により、共同研究先である株式会社 ElevationSpace と共に日夜研究開発を進めてきたハイブリッドスラスタの性能を実際に確認することができ、実用化に向けて大きく前進できたことを大変嬉しく思います。

ハイブリッドスラスタは、他の化学スラスタと比較して魅力的な性能を持つことが研究レベルで明らかになっている一方で、実用レベルには未だ達していませんでした。これは、ハイブリッドスラスタの技術成熟度レベル(TRL)が低いことが原因だと考えられます。また、TRLが向上しない限りは他の宇宙ミッションでの採用が見込めず、革新的な宇宙ミッション実現のためにはハイブリッドスラスタのTRLの向上が求められていました。そのような状況の中、株式会社 ElevationSpace と共に、世界初のハイブリッドスラスタの宇宙実証を目指す共同研究が始まり、この試験において実機レベルでの性能確認が行われました。

TRLの向上は実用化に近づけるだけでなく、私自身にとっても新しい発見が多くあります。本共同研究ではすでに、複数の査読付き論文(出版1本、準備中2本)、国際学会発表(1件発表済、1件査読中)、特許(出願済み2件、準備中多数)など、多くの研究成果を生み出しています。これからも、この共同研究を通じて、研究と実用化の両軸を回しながら宇宙開発に貢献していきます。

### ■ 株式会社 ElevationSpace 千葉大徳 Manager, Thruster System

本実験での推力計測及び長時間燃焼は、東北大学際研・齋藤助教、JAXA関係者の皆様、あきる野実験施設をはじめとした多くの方のご支援のもと成功を収めることができました。また、今回の成功により弊社が開発しているハイブリッドスラスタの設計結果の妥当性を確認することができ、ボトルネックであったEMの燃焼システムを確立することができました。また、長時間燃焼の結果に基づき、燃焼器の具体設計に進むことが可能となりました。

今後も引き続き、本ハイブリッドスラスタの研究開発において助成を受けております NEDO「官民による若手研究者発掘支援事業(若サポ)」の目的である「我が国における新産業の創出に貢献すること」ができるよう、実用化に向けた着実な研究開発を進め、将来的な製品化によって日本の宇宙産業市場拡大に貢献してまいります。

## 謝辞

本研究成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の助成金「官民による若手研究者発掘支援事業」の支援を受けて実施したものです。

## 本件に関するお問い合わせ先

### ■ 東北大学学際科学フロンティア研究所

（研究に関すること）

助教 齋藤勇士（さいとう ゆうじ）

[yuji.saito@tohoku.ac.jp](mailto:yuji.saito@tohoku.ac.jp)

050-7788-1561

（報道に関すること）

特任准教授 藤原英明（ふじわら ひであき）

[hideaki@fris.tohoku.ac.jp](mailto:hideaki@fris.tohoku.ac.jp)

### ■ 株式会社 ElevationSpace 広報：武藤

[pr@elevation-space.com](mailto:pr@elevation-space.com) / 050-3669-1732