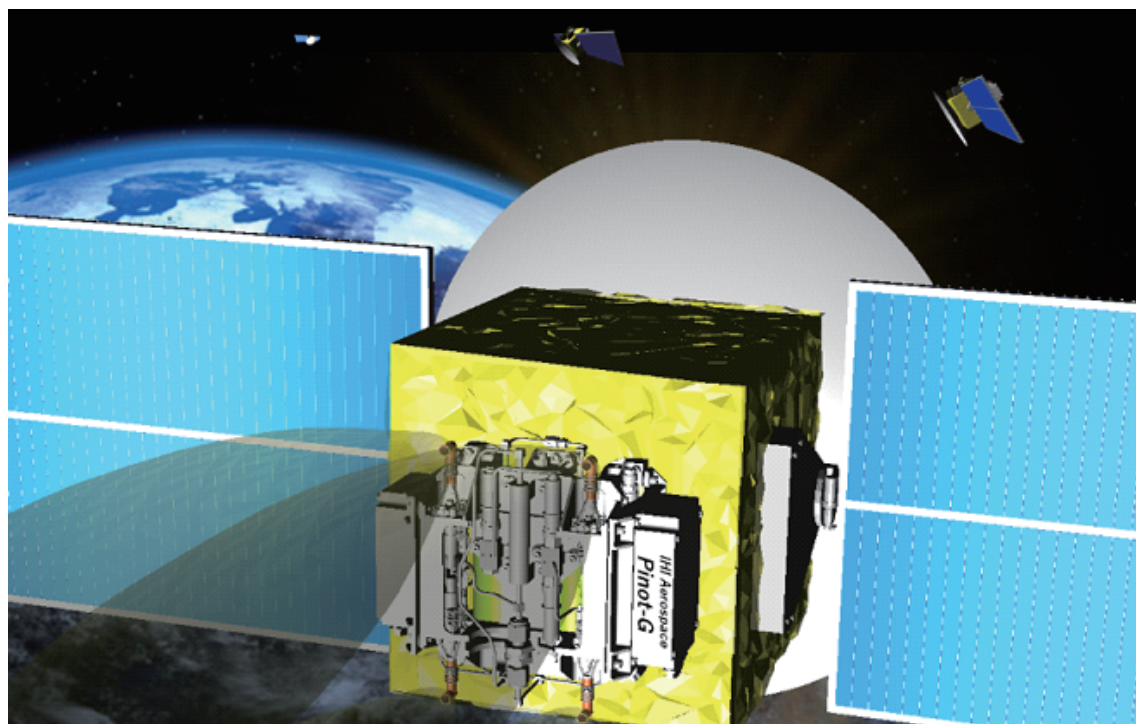


宇宙ゴミはもう増やさない！ IA スラスタが衝突から衛星を守る

安全推進モジュール Pinot-G 小型衛星の衝突回避をサポート

増え続ける低軌道小型衛星，宇宙ゴミやほかの人工衛星との衝突リスクも高まっている。宇宙環境にも衛星ユーザーにもやさしい推進系モジュールで，衝突を回避し，軌道上の環境保全にも貢献する。そんな宇宙の SDGs を実現するソリューションを株式会社 IHI エアロスペースが提案する。



Pinot-G の運用イメージ

増加する人工衛星とデブリ衝突のリスク

近年，人工衛星の小型化・低コスト化が進み，コンステレーション，すなわち多数の衛星を連携させるシステムを組み，高度な通信・リモートセンシングサービスを提供する事業者が増えてきた。ロケット打ち上げの低価格化と相まって，衛星打ち上げ数が激増し，特に地球低軌道が小型衛星で混み合ってきている。

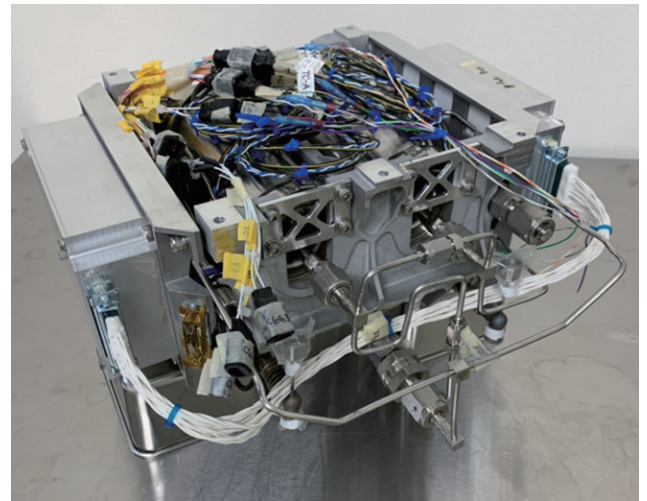
2020 年代終わりまでに 1 万基を超える人工衛星が打ち上げられるとの試算がある。

一方，人類の宇宙活動の活発化に伴って増え続ける，使用済みの人工衛星や打ち上げの際に放出されたロケットの残骸などの宇宙ゴミ（スペースデブリ）との衝突により，ビジネス上の重要資産である衛星そのものが破壊されるリスクも増大している。いったん衝突が起これば，それにより発生・放出される人工衛

星などの破片が、今度は新たなスペースデブリとなり、衝突のリスクは指数関数的に大きくなる恐れがある。

現在、直径 10 cm 以上の軌道周回物体は、アメリカのレーダー網などで監視され、衝突の危険があれば警報が出される仕組みになっている。ただし、その先の衝突回避を行うか否かは衛星運用事業者側に委ねられており、近年増えている小型衛星には、自力で衝突を回避する能力、すなわち軌道変換を行う推進力を備えていないものも多く含まれる。衛星同士のニアミス事例も幾つか報告されており、軌道上での衝突リスクは現実のものになりつつある。

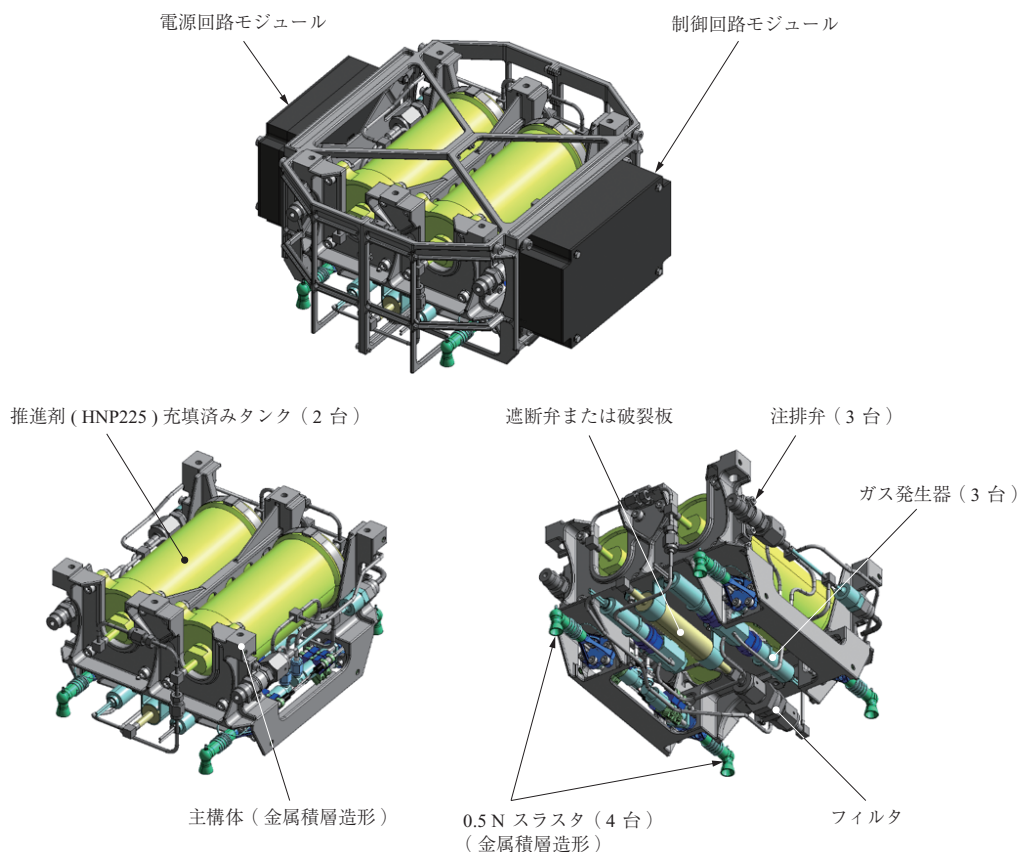
デブリとの衝突リスクの増大に対する危機感はヨーロッパで特に顕著で、衛星を利用したビジネスを行う事業者の間で、「Being Responsible Operators（責任ある運用者であること）」の重要性が語られる場面が増えてきている。衛星ビジネスの根幹を支える「軌道」を、保護すべき資源あるいは環境と捉え、これを持続可能な形で活用しつつビジネスを推進する仕組みが求められている。まさに宇宙における SDGs である。



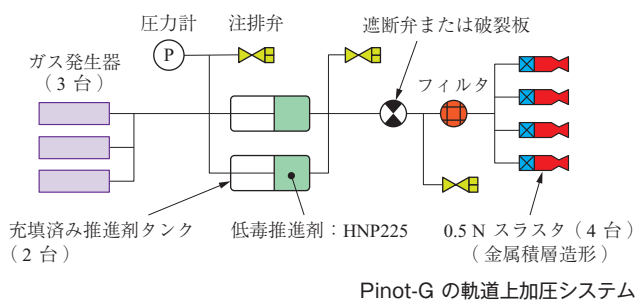
Pinot-G 外観（写真は開発モデル）

デブリを避け、デブリにならないための推進系

人工衛星軌道の環境汚染ともいえるべき事態を未然に防ぐために、衝突の危険を検知した衛星が衝突回避できるよう推進装置を搭載することの重要性が注目されてきている。



Pinot-G の概要



新規開発の 0.5 N 低毒スラスタ

こうしたニーズに応えるべく、株式会社 IHI エアロスペース (IA) では、今後主流となると考えられる質量 100 kg 級の小型衛星をターゲットに、「Pinot-G」と名付けたコンパクトな一体型推進装置を現在開発中である。

製品のコンセプトは、「宇宙環境にも衛星ユーザーにもやさしい推進系モジュール」で、その主な特徴は、以下の三つである。

(1) 軌道上加圧と低毒・非爆発性推進剤による安全性

Pinot の由来は Pressurization in orbit, すなわち軌道上加圧。低温ガス発生器を搭載し、打ち上げ後にこれを作動させて推進剤を送り出すための圧力を得るため、地上では無加圧。高圧ガス取扱い上のさまざまな制約からユーザーを解放する。

また、Pinot-G の G は Green Propellant の G である。従来、広く使用されてきた毒性の強いヒドラジンに替えて、IA 独自開発の HNP225 という HAN (硝酸ヒドロキシルアンモニウム) 系低毒推進剤を採用している。

IA は、固体推進剤の高エネルギー化研究の一環として、長年にわたり HAN を取り扱ってきた経験をベースに、HAN を基剤としたモノプロペラント推進系の開発を進めてきた。その結果として、HAN の一部を HN (硝酸ヒドラジン) で置換した HAN/HN ベースモノプロペラントが、爆ごう性や自燃性をもたない極めて安全性の高い推進剤であることが確認されており、HNP225 はその推進剤ファミリーの一員である。HNP225 は、さらに安全性を追求し

て HAN の濃度を下げた組成となっており、一般社団法人日本海事検定協会により非爆発物としての認定を受けている。基本的には空輸も許される物質で、その安全性は取扱いのうえでユーザーに余計な負担をかけないという大きなメリットがある。

推進力を発生するスラスタについては、国内外に数多くのスラスタを供給してきた IA の技術をベースに、小型衛星における制御性を考慮した推力 0.5 N のものを新規に開発。これを 4 基搭載し、最大で約 2 N の推進力を衛星に与える。

(2) オールインワン設計

Pinot-G は、衛星の姿勢・軌道制御に必要な、燃料タンク、スラスタ、ガス発生器、さらには制御電子機器まで、電源以外の機器をすべて内蔵・パッケージ化した製品となっている。推進剤はもちろん、タンクに充填された状態で出荷される。ユーザーは衛星外面に Pinot-G を取り付けただけで、コネクタを一つ接続するだけで、衛星に軌道制御能力を与えることができる。衛星の打ち上げ準備作業から、燃料充填や細かい配線作業などを排除できることにより、作業全体の効率化・コストの削減につながる。

(3) 小型衛星ユーザーにやさしい低価格

燃料に HNP225 を採用したことで、スラスタ作動時の燃焼温度が下がり、他社製の低毒スラスタで使用されているような、貴金属を用いた超高耐熱合金を使用する必要がない。これにより、スラスタの材料として入手性の高いステンレスやニッケル合金を適用することができ、さらにこれを積層造形で製造することで、部品点数の削減を実現し、スラスタそのもののコストを下げる事ができた。



金属積層造形によるスラスタ部品製造

Pinot-G 小型衛星ユーザーにやさしいシステムを



Pressurization in orbit (軌道上加圧式)

小型衛星ユーザーにやさしいシステムの特徴から命名したものです。

一つのロケットで多数の小型衛星が同時に打ち上げられる様子を、一つの房に多数の粒が連なるブドウに見立てて、ワイン向けに活用される Pinot 種と紐づけて命名しました。

Green Propellant (安全な推進剤)

さらに、採用している Green Propellant の、ユーザーにやさしく安全な推進剤のイメージから、白ワインに用いる Pinot Blanc を Pinot-G のシンボルとしています。

また、コンポーネント類をコンパクトに納めるため複雑な構造をもつ Pinot-G の主構体にも金属積層造形（こちらはアルミニウム合金）を適用し、できるだけ機械加工を減らして、コストダウンを図っている。

Pinot-G で実現するクリーンな宇宙環境

スペースデブリの問題については、すでに存在する物体を除去する活動が注目されている。IHI でも九州大学と共同で、低密度物質を用いたスペースデブリの減速・大気圏への落下の促進による除去方法の研究を実施してきている。今あるデブリを取り除いて、環境を改善することはもちろん必要だが、一方で、地上と同じくゴミの問題は、それを出さない努力こそが最も重要でかつ効果的である。

今回紹介した Pinot-G は、小型衛星に衝突回避能力を与えることにより、衛星とスペースデブリの、ある

いは衛星同士の衝突を防ぐために必要な装置となることを目指している。スペースデブリを出さない、また、増やさないことをつうじて、持続可能な軌道環境の実現に貢献する。

Pinot-G は、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 研究開発部門との共同研究として開発を進めてきた低毒スラスタの軌道上実証用推進モジュールとして、同じく JAXA との共同研究の枠組みで、2019 年度より製品化を意識しながら開発を進めているものである。

現在は、モジュールとしての機能実証の最終段階にあり、2021 年末ごろまでに地上での機能検証を完了する予定である。

本製品が多く的小型衛星に搭載され、軌道上環境保全に貢献する姿を思い描きながら、より使いやすい推進モジュールを目指して、さらなる製品改良・技術開発を進めていきたい。

<p>HEAD OFFICE THE NIPPON KAIJI KENGEI KYOKAI 1-1-1, TOKYO TEL: 03-5561-1111 FAX: 03-5561-1112 WWW.NKKK.CO.JP</p> <p>BRANCHES CENTRAL OFFICE IN JAPAN OVERSEAS OFFICES THAILAND, SINGAPORE, MALAYSIA, PHILIPPINES, INDONESIA, CHINA, NETHERLANDS, VIETNAM, HONG KONG LABORATORIES YOKOHAMA, OSAKA</p>	<p>NIPPON KAIJI KENTEI KYOKAI LICENSED BY THE JAPANESE GOVERNMENT</p> <p>NKKK FOUNDED IN 1913</p>	<p>INTERNATIONAL INSPECTION & SURVEYING INSPECTIONS REQUIRED BY REGULATIONS FOR DANGEROUS GOODS, SOLID, LIQUID, SUBSISTENCE AND MISCELLANEOUS LIQUID SUBSTANCES MARINE SURVEY AND CARGO INSPECTION MARINE CONSULTANT NON-MARINE ADJUSTING PETRO-CHEMICAL SUPERINTENDING LIQUIDIFIED GAS INSPECTION CHEMICAL ANALYSIS TANK CALIBRATION SAMPLING AND TESTING CARGO WEIGHING AND MEASURING</p> <p>YOKOHAMA Date: March 11, 2019 Certificate No. 2KK2343/18(A)</p>
<p>ORIGINAL (Ref. SK)</p> <p>CERTIFICATE</p> <p>THIS IS TO CERTIFY THAT we, the undersigned did, at the request of</p> <p style="text-align: center;">IHI AEROSPACE CO., LTD.</p> <p>did "Test Series 2 tests" the substance submitted by the applicant as mentioned below in accordance with "The Japanese Regulations for the Carriage and Storage of Dangerous Goods by Ships" 18th revised edition, based on "The United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods-Model Regulations" 19th revised edition, and hereby report as follows.</p>		
<p>1. Applicant : IHI Aerospace Co., Ltd. 2. Common name : Monopropellant 3. Product name : HNP225 4. Ingredient : HAN/HN/Methanol/Water : 31.3/15.7/28.0/25.0wt% (mixture) (HAN : Hydroxylammonium Nitrate. HN : Hydrazinium Nitrate)</p>		

日本海事検定協会による HNP225 の非爆発物認定証

問い合わせ先

株式会社 IHI エアロスペース
営業部 宇宙営業グループ

電話 (0274) 62 - 7663

<https://www.ihico.jp/ia>

Pinot-G 専用 Web サイト :

<https://www.ihico.jp/ia/products/space/pinot/pinot-g/jp/index.html>