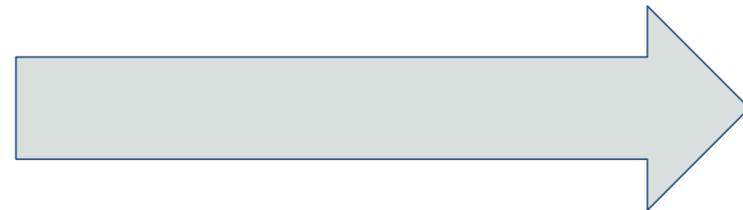


# An Astronomer's Experience in the Space Industry

## 宇宙産業における天文学者の経験



Cristian-Eduard Rusu, PhD - AXELSPACE Corporation

2024年度光赤天連シンポジウム 2023/9/18

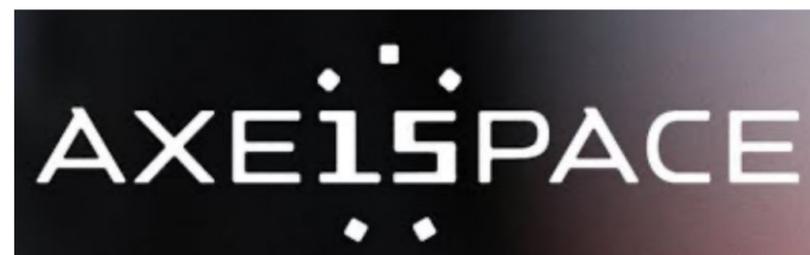
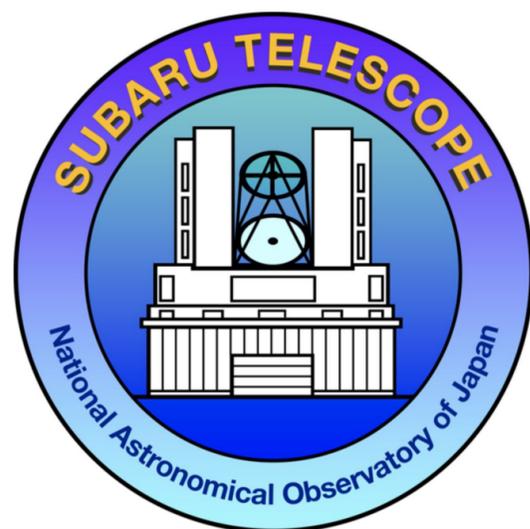
## Purpose and Contents 目的と内容(ご依頼文より引用)

”As per the Basic Plan for Space Policy and the Cabinet Office's actions, huge amounts of research and development funds are beginning to flow mainly to the visible and near-infrared satellite industry. Some astronomy researchers are concerned that a lot of money and human resources will move to space industry ventures, which will affect science missions. For example, I would like you to **introduce your company**, **your current job and why you chose that job**, **what is happening in the space industry and its surrounding areas**, **how you think it will connect to astronomy (science) missions and what impact it will have in the future, etc.** Completely personal views are also welcome.”

「宇宙基本計画や内閣府の動きに見られるように、膨大な研究開発費が主に可視近赤外の衛星産業に流れ始めています。一部の天文研究者は多くの資金と人材が宇宙産業ベンチャーに移動し、科学ミッションに影響するのではと懸念しています。例えば、**御社の紹介**、**Rusuさんが今のお仕事内容やその仕事を選んだ理由**、**宇宙産業とその周辺で起きていること**、**Rusuさんの考える天文(科学)ミッションとのつながりや将来の影響**などを話していただければと思います。完全な個人の見解も大歓迎です。」

# Personal Background 個人的背景

- Romanian Citizen  ルーマニア人
- Masters, PhD from University of Tokyo (2009-2014)  
修士、博士(理学) 東京大学 2009-2014(学術振興会)
- Worked in Mitaka under the supervision of Prof. Iye Masanori on the thesis *Subaru Telescope Adaptive Optics Observations of Gravitationally Lensed Quasars in the Sloan Digital Sky Survey*  
家正則教授の指導の下、三鷹で研究。卒論タイトル: すばる望遠鏡補償光学系によるSDSS重力レンズクェーサーの観測的研究
- Postdoc: University of California, Davis カリフォルニア大学デービス校 (2014-2017)
- Postdoc: Subaru Telescope, Hawaii すばる望遠鏡、ハワイ観測所 (2017-2019)
- Postdoc: Subaru Telescope, Mitaka すばる望遠鏡、三鷹 (2019-2020)
- Axelspace Corporation (2020-present) (株)アクセルスペース
  - Technical Lead for Space Situational Awareness (SSA)  
宇宙状況把握テクニカル・リーダー



# Introduction to Axelspace アクセルスペースの紹介

AXELSPACE

Founded in 2008  
2008年に設立



We are pioneers of micro-satellite technology with the vision "Space Within Your Reach". 私たちは、「あなたの手の届く範囲に宇宙を」というビジョンを持つ超小型衛星技術のパイオニアである。

What do we do? 我々は何をしているか？

- manufacture satellites (AxelLiner) 衛星製造
- operate them 衛星操作
- sell imagery data (AxelGlobe) 画像データ販売

Business areas: agriculture, disaster monitoring, urban planning, weather monitoring

事業分野: 農業、災害観測、都市設計、気象観測



CEO: Yuya Nakamura, PhD  
中村友哉

Location 場所: Tokyo, Nihonbashihonchō  
東京、日本橋本町  
Multicultural environment, ~30% foreign employees  
多文化環境、外国人従業員30%以上



# Achievements

創業以来9機(5機種+4機量産)  
9-Satellites

60 Kg, 60 cm cube



Hodoyoshi-1 2014



WNISAT-1 2013

10 Kg, 27 cm cube

for monitoring sea ice in the Arctic Sea 北極海の海氷モニタリング

~50 cm cube, 43 Kg



WNISAT-1R 2017



AXELSPACE



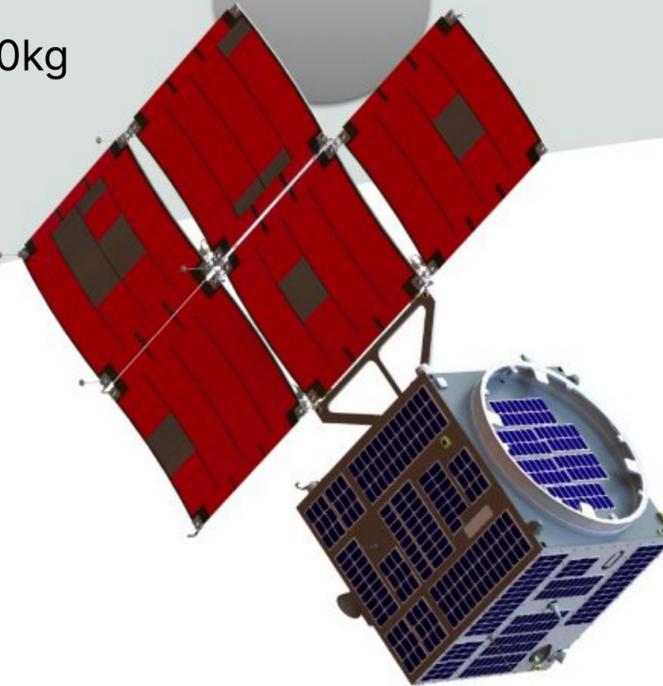
GRUS-1A 2018

0.6m x 0.6m x 0.8m, 100kg



RAPIS-1 2019

~1m cube, 200kg  
7-technology demonstrator



AXELSPACE  
AxelGlobe  
GRUS-1BCDE 2021



- 10kg~200kgの100kg級衛星を一通り作ってきてビジネス(AxelGlobe)を行ってきた経験
- GRUS-1BCDEの4機同時製造(しかもコロナ禍における半リモート作業で)経験
- WNISAT, Hodo1, RAPIS-1, GRUS-1BCDEなどの複数機同時・自動運用経験

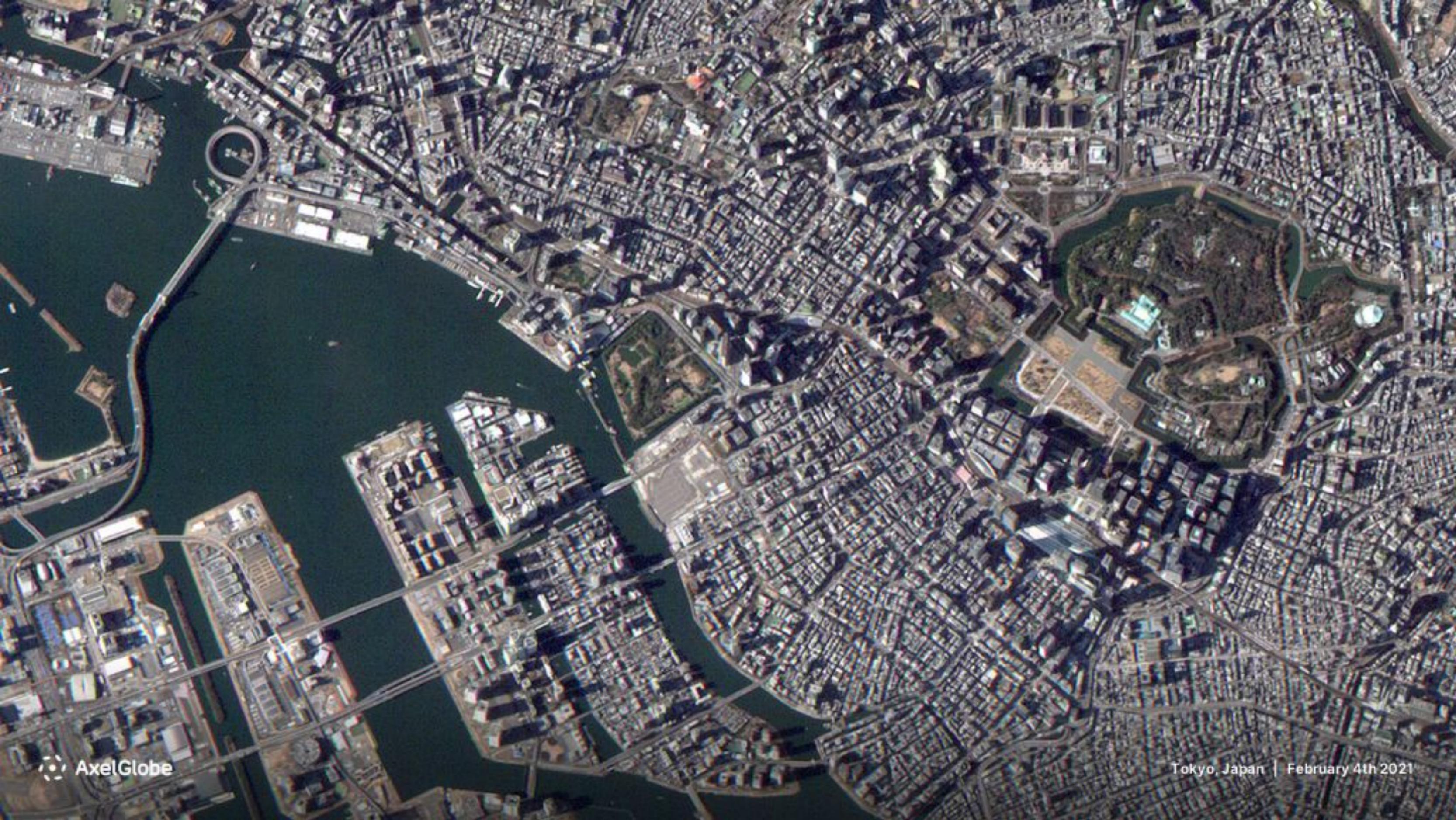
こんな複雑なシステム(めんどくさいこと)を作り・経験してきたやってきた会社は世界にも稀。  
この経験から共通部分を抽出(汎用化し)、多くのミッションに最小限の変更で対応してゆきたい

- Experience in building and doing business (AxelGlobe) with range of 100kg class satellites from 10kg to 200kg.
- Experience in the simultaneous production of four GRUS-1BCDE (and remote development in COVID-19)
- Experience in simultaneous and automatic operation of multiple satellites such as WNISAT, Hodo1, RAPIS-1, GRUS-1BCDE

There are few companies in the world that have created and experienced such a complex system (MENDOKUSAI system).

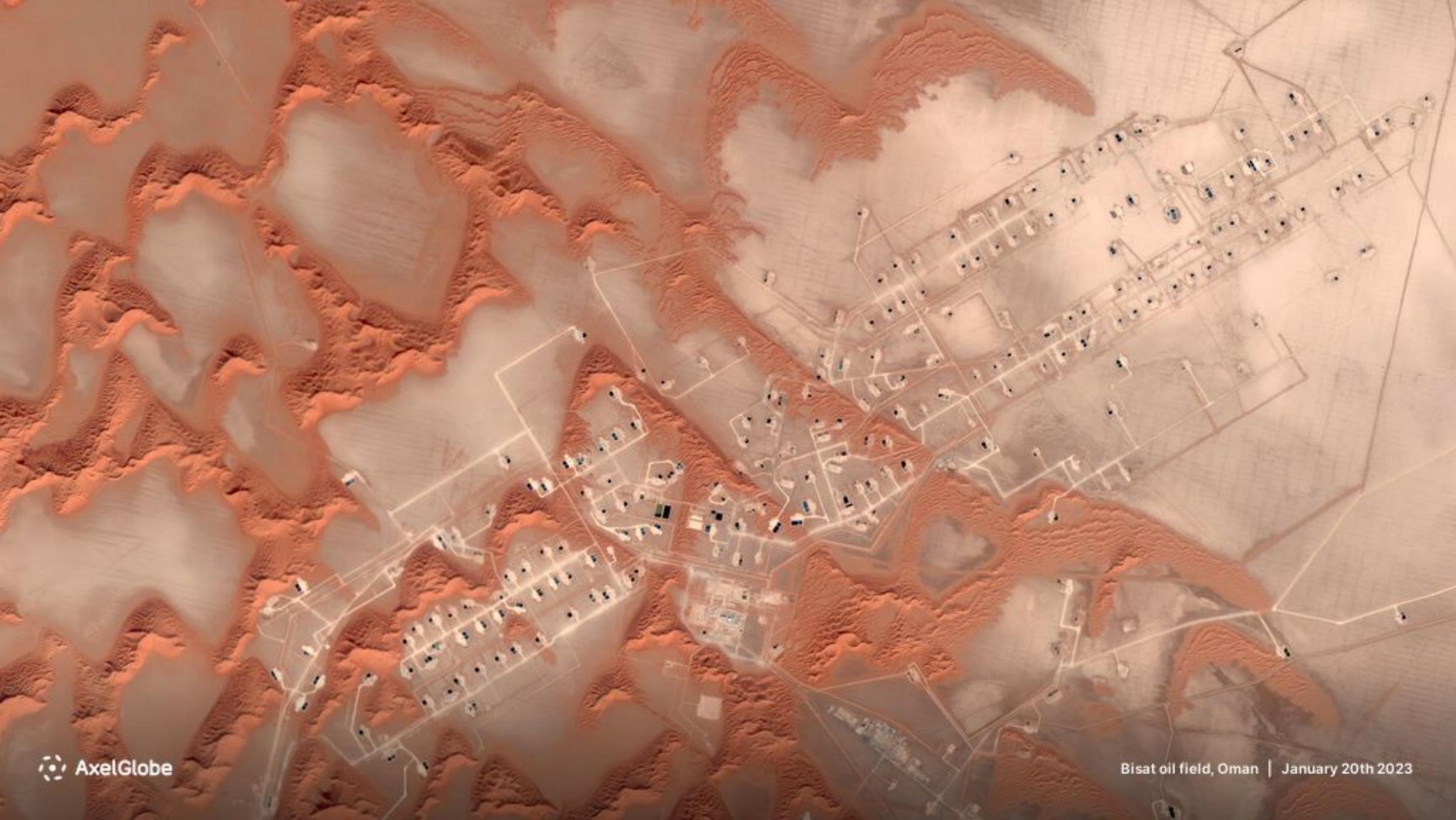
We want to extract (generalize) the common parts from this experience and respond to many missions with minimal changes.









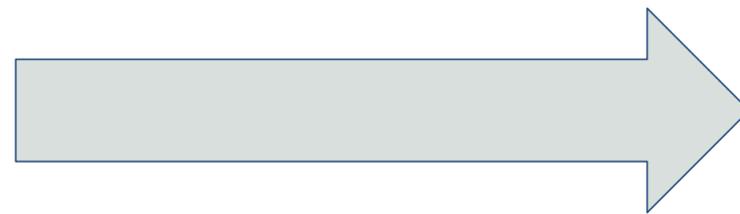


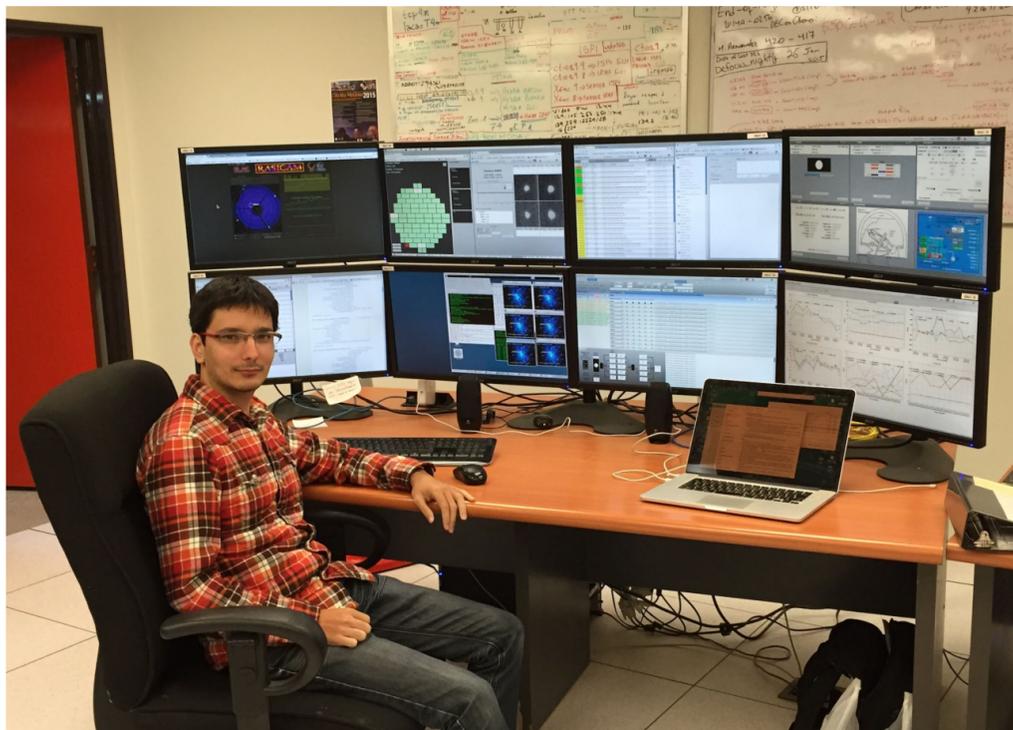


# My experience at Axelspace

After 3 postdocs, I was offered a tenure-track professorship in Chile, but I wanted to remain in Japan  
3回のポストドクの後、チリでテニュアトラックの教授職のオファーを受けましたが、日本に残りたいと思っていました。

If you want to leave academia for industry, it is better to do it early, while you can easily adapt  
アカデミアを離れて産業界に行くなら、早めに行動するほうがいいです。その方が適応しやすいです。





More emphasis on team work than in academia. R&D projects have short-term, clear technical goals. Flexible remote/office work style. アカデミアよりもチームワークが重視されます。R&Dプロジェクトは短期的で明確な技術目標を持ち、リモート/オフィスでの柔軟な働き方ができます。

I tried to work on tasks where I could use skills from astronomy: 天文学のスキルを活かせるタスクに取り組みました:

- geometric, radiometric, focus calibration 幾何学的、放射測定、焦点キャリブレーション
- model fitting, numerical simulations, digital image processing, remote sensing モデルフィッティング、数値シミュレーション、デジタル画像処理、リモートセンシング

Acquired new skills: 新たに習得したスキル:

- production-grade software development, collaborative programming, maintaining large-data processing pipelines, project management プロダクションレベルのソフトウェア開発、共同プログラミング、大規模データ処理パイプラインの維持、プロジェクト管理

Present role: Technical Lead for Space Situational Awareness (SSA) 現在の役職: 宇宙状況把握テクニカル・リーダー

# Space Situational Awareness (SSA) 宇宙状況把握

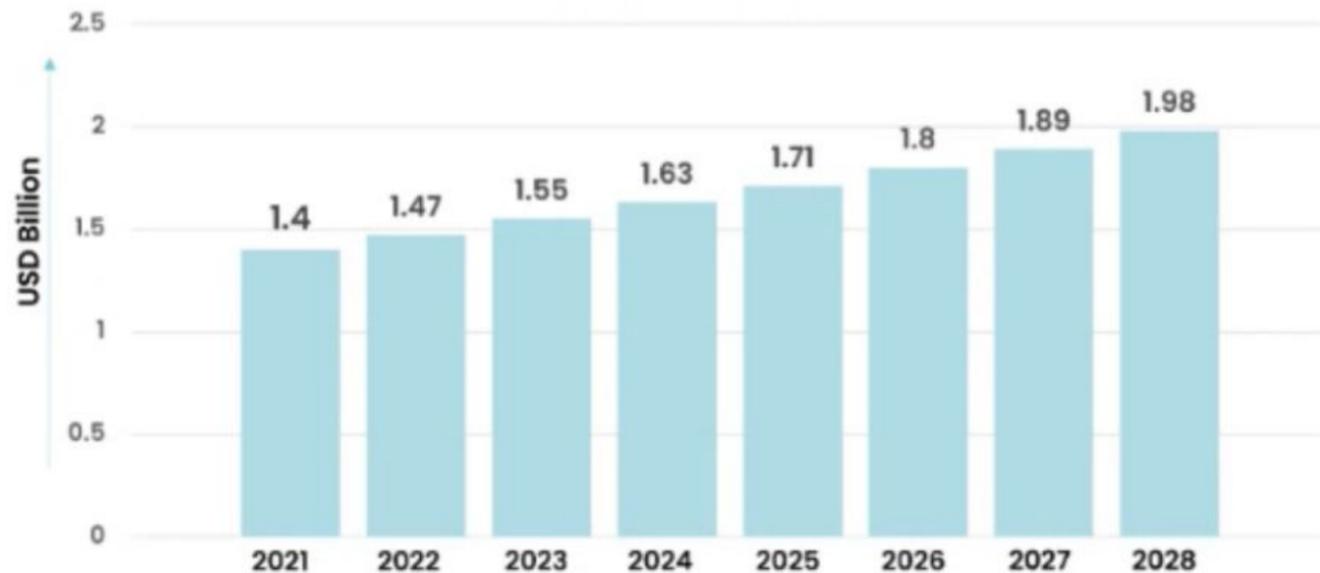
SSA is the practice of tracking objects in space, identifying them, establishing their orbits, and monitoring threats to their operations or characterizing the potential threat they themselves represent.

SSA は、宇宙内の物体を追跡し、それらを識別し、その軌道を確立し、その運用に関する脅威を監視したり、物体自体が表す潜在的な脅威を明らかにする活動である。

The SSA market is projected to increase due to rise in space congestion. \$2 billion by 2028.

宇宙空間の混雑は加速しており、それによりSSA市場は拡大すると予測。2028年までに20億ドル。

Space Situational Awareness Market Size  
(2021-2028)



## Space Situational Awareness Market Snapshot

Market Growth

**5.1%**

(2022-2028)

Market Size

US\$ **1.98** Bn

(In 2028)

Dominant Offering Type

Service

Dominant End Use Type

Commercial

Dominant Object Type

Fragmentation Debris



**North American** market witnessed the largest share in 2021.

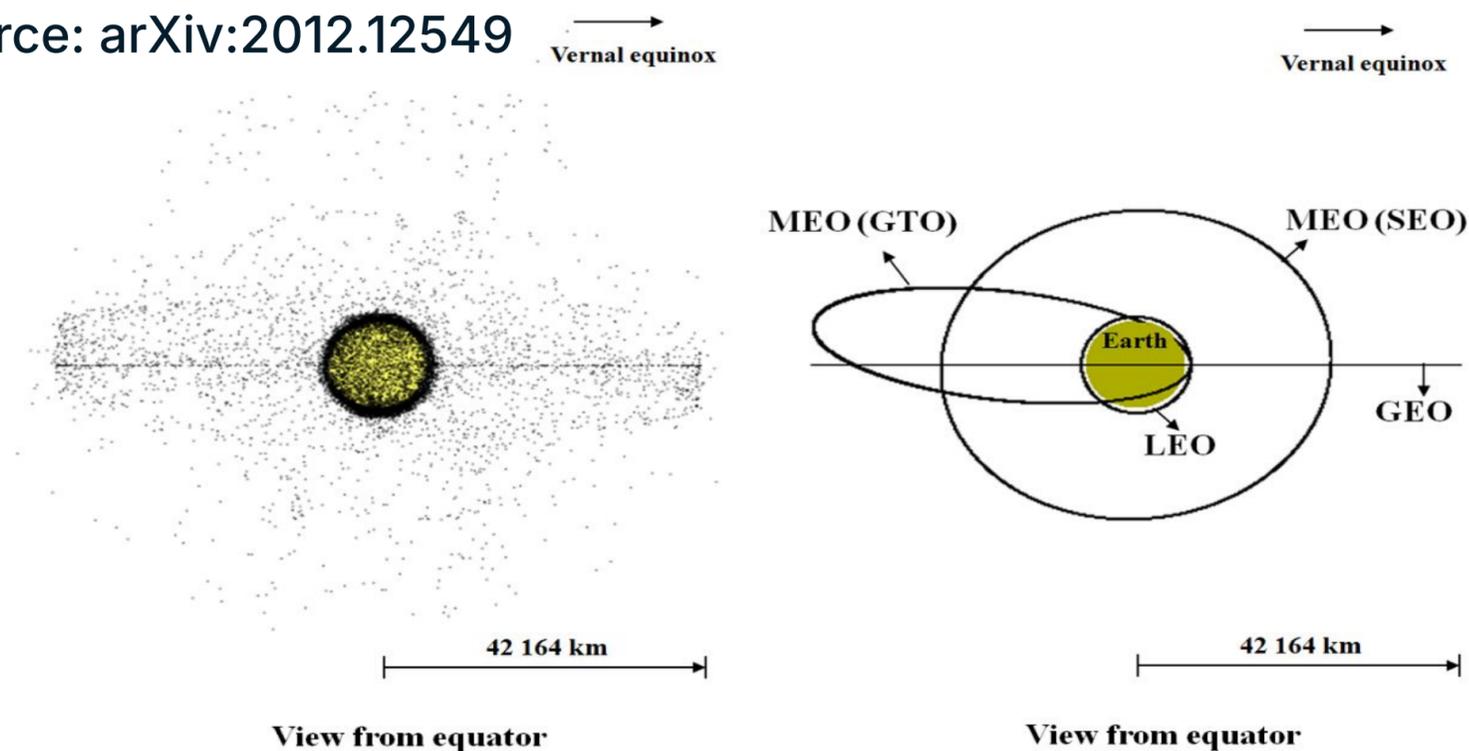


SSA is critical to predicting and avoiding potential collisions in space

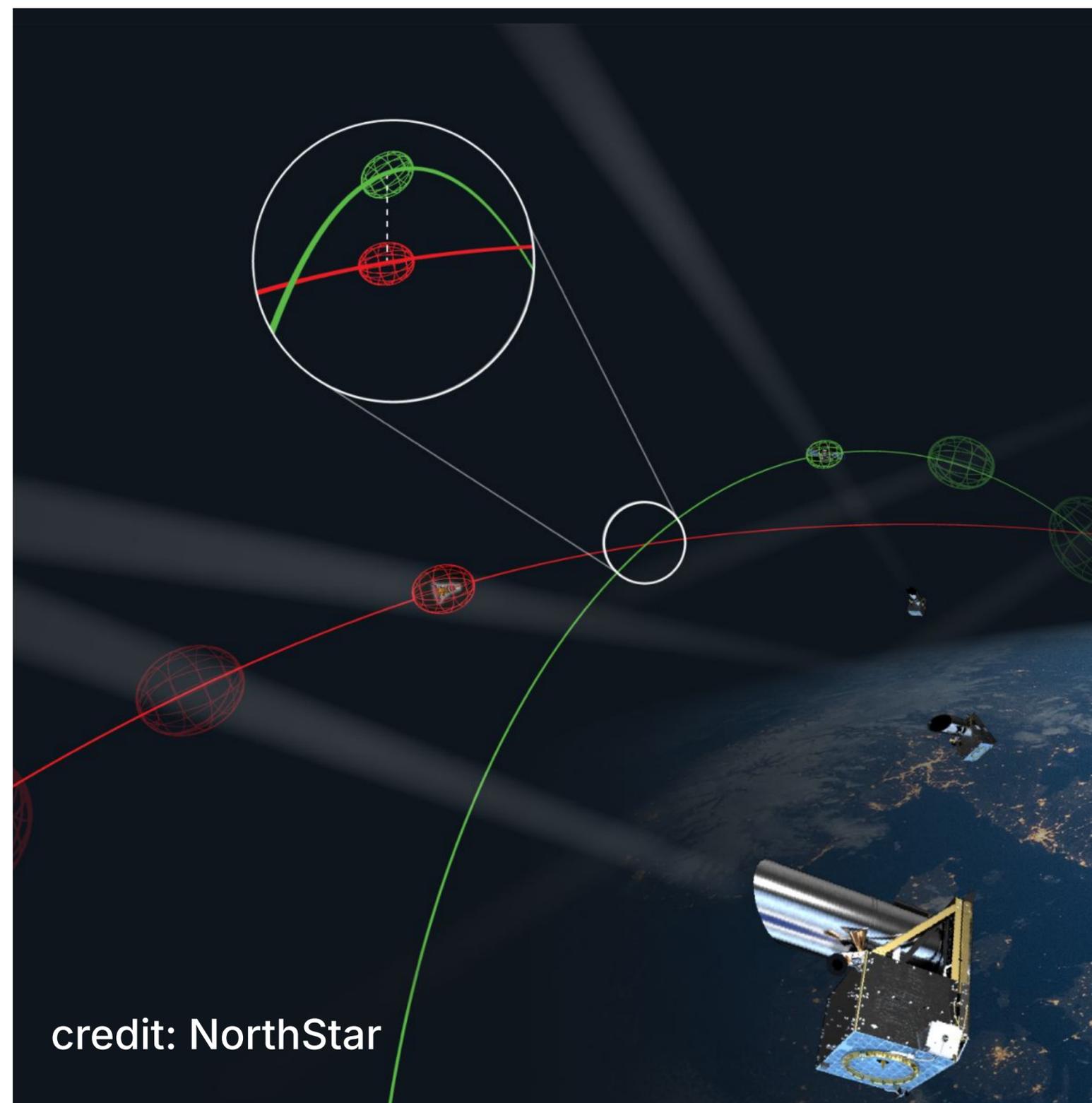
SSAは宇宙空間での潜在的な衝突を予測し回避するために重要である。

- There are > 10,000 satellites orbiting the Earth
- Worldwide > 45,000 spacecraft will be launched between 2022 and 2032.
- 地球を周回する衛星は10,000基以上
- 2022年から2032年の間に世界中で45,000機以上の宇宙船が打ち上げられる。

Source: arXiv:2012.12549



**Fig. 1** Space debris situation as of January 2019. The line of sight is in the equator and perpendicular to the vernal equinox direction. Data were obtained from [1].

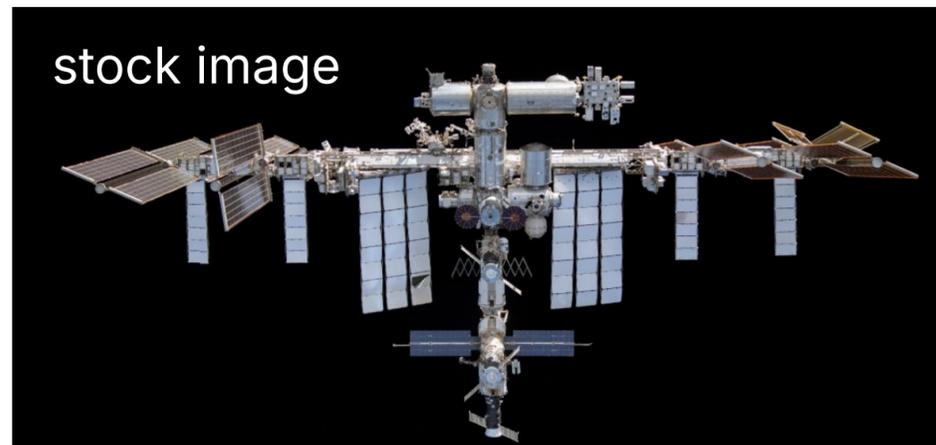


credit: NorthStar

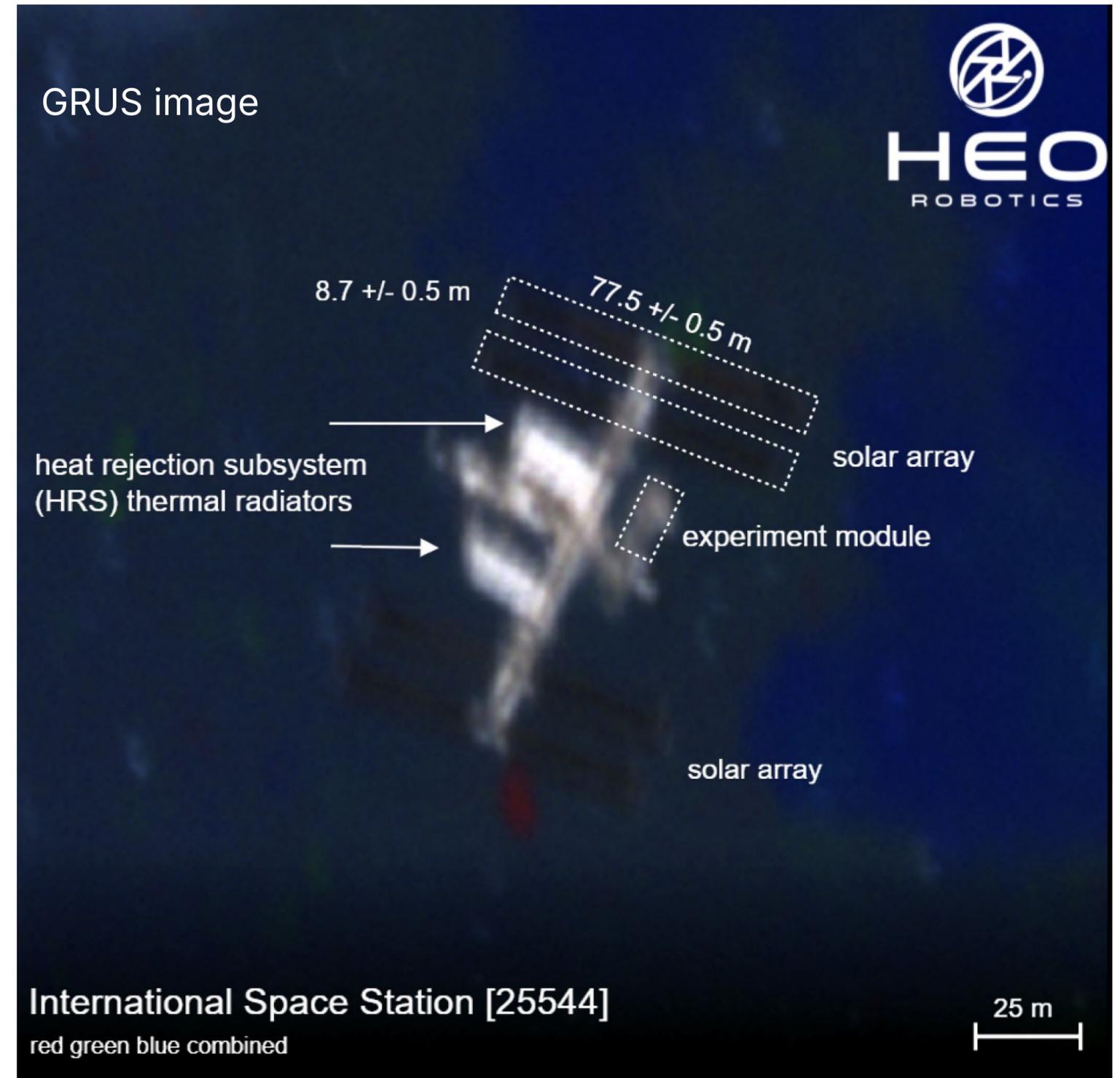
Axelspace's (non-core) SSA business started when engineers were curious to investigate the feasibility of an external company's request for an image of the International Space Station

アクセルスペースの(非コアの)SSA事業は、エンジニアが外部企業から国際宇宙ステーションの画像を依頼された際に、その実現可能性を調査しようとしたことがきっかけで始まりました。

The International Space Station

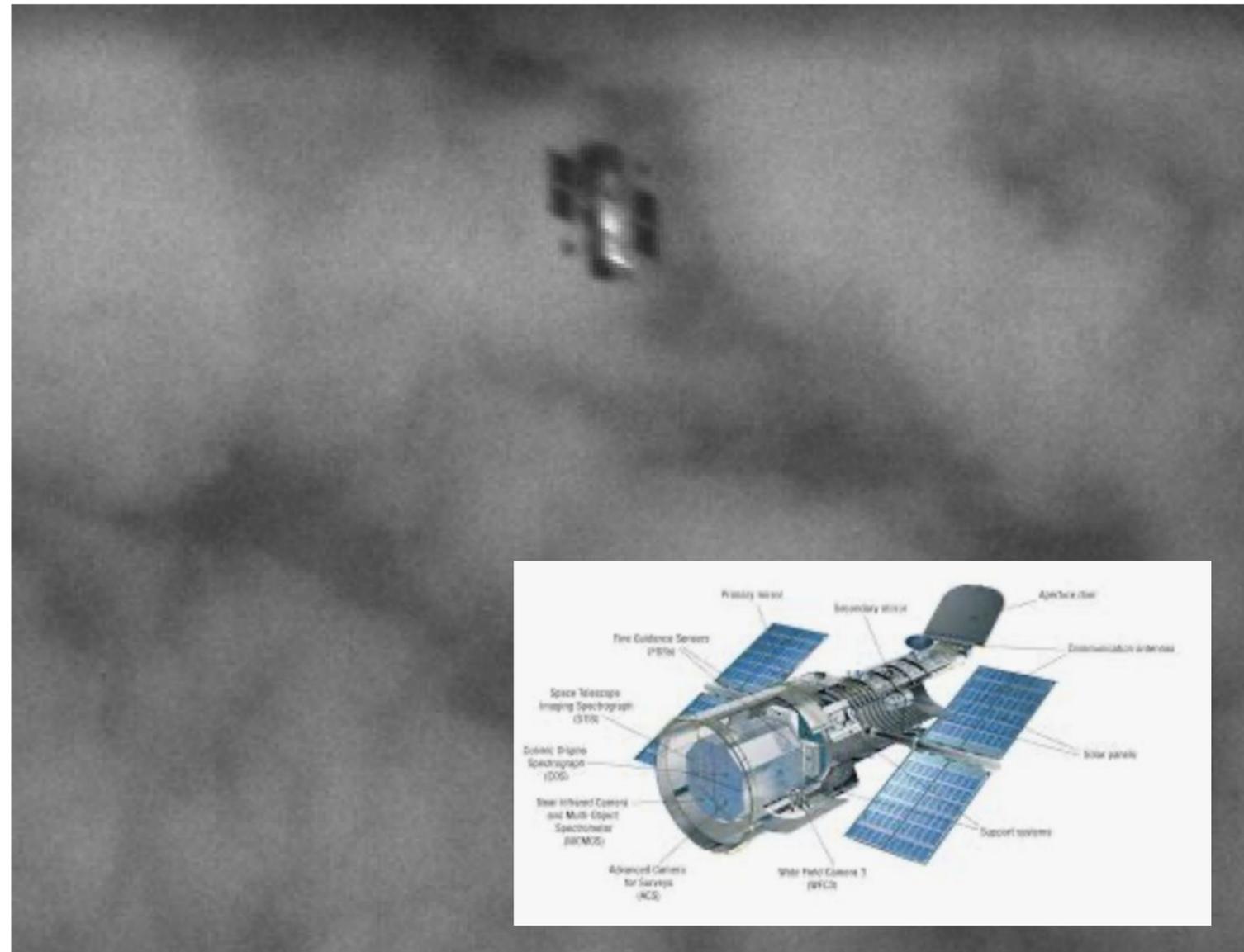


stock image



SSA offerings from Axelspace: アクセルスペースのSSA提供サービス:

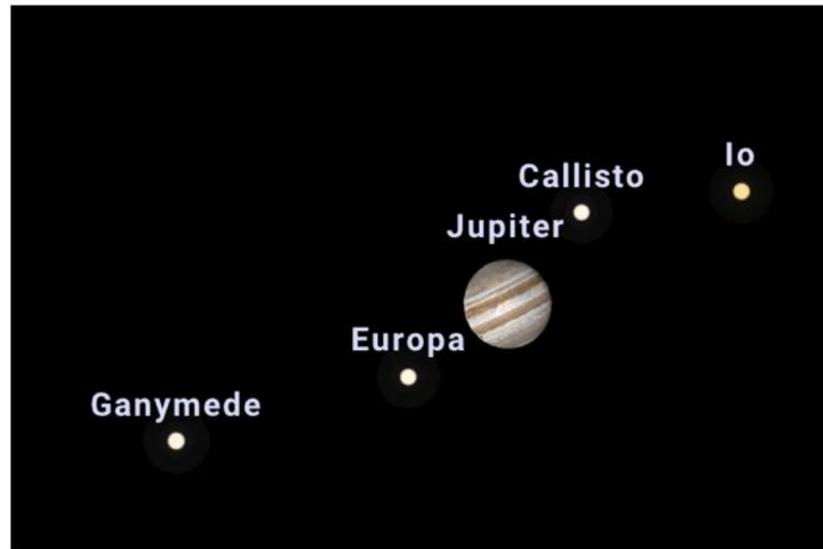
- High-resolution multispectral images against clouds or in deep space. 雲や宇宙深部に対する高解像度のマルチスペクトル画像
- Large field of view long exposures to capture satellite tracks. 衛星の軌跡を捉える広視野の長時間露光
- Clients perform their own analysis. クライアントが自ら分析を行う



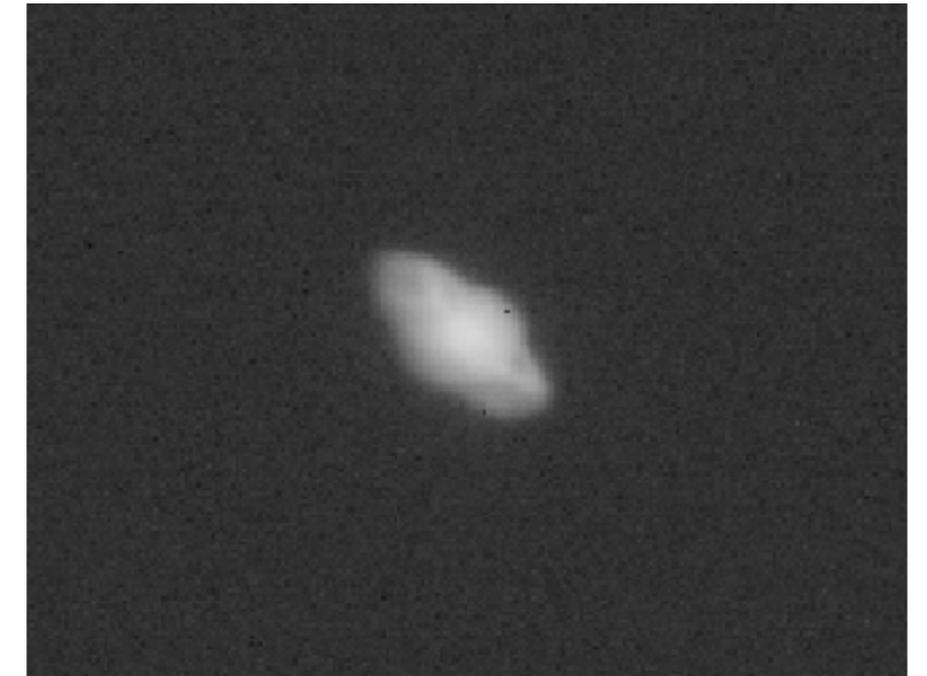
Space telescopes can get physically closer to their targets → high resolution with smaller optics

宇宙望遠鏡はターゲットに物理的に近づくことができる → 小型光学系で高解像度

Panchromatic - 1 millisecond  
Star Chart



GRUS planetary images



As a former astronomer, I had a special interest in space images and was therefore in an ideal position to occupy the SSA technical role.

元天文学者として、宇宙画像に特別な関心があり、そのためSSAの技術的役割を果たすのに適した立場にいました。

# Further opportunities to expand Axelspace's space business

AXELSPACE

## アクセルスペースの宇宙事業を拡大するさらなる機会

There is a gap in space observations between huge satellites and cubesats, and we wish to fill it!

巨大衛星とキューブ衛星の間には宇宙観測のギャップがあり、私たちはそれを埋めたいと考えています。



Perspective | [Published: 06 November 2020](#)

## The future of astronomy with small satellites

[Stephen Serjeant](#) , [Martin Elvis](#) & [Giovanna Tinetti](#)

[Nature Astronomy](#) **4**, 1031–1038 (2020) | [Cite this article](#)

962 Accesses | 11 Citations | 22 Altmetric | [Metrics](#)

The number of small satellites has grown hugely in the past decade, from tens of satellites per year in the mid-2010s to a projection of tens of thousands in orbit by the mid-2020s. This presents both problems and opportunities for observational astronomy. Small satellites offer complementary cost-effective capabilities to both ground-based astronomy and larger space missions. Compared with ground-based astronomy, these advantages are not just in the accessibility of wavelength ranges where the Earth's atmosphere is opaque, but also in stable, high-precision photometry, long-term monitoring and improved areal coverage. Astronomy has a long history of new observational parameter spaces leading to major discoveries. Here we discuss the potential for small satellites to explore new parameter spaces in astrophysics, drawing on examples from current and proposed missions, and spanning a wide range of science goals from binary stars, exoplanets and Solar System science to the early Universe and fundamental physics.

Final Report

Keck Institute for Space Studies  
California Institute of Technology  
Pasadena, CA

July 2014



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

ScienceDirect

Advances in Space Research 64 (2019) 1466–1517

Review

## Small satellites for space science A COSPAR scientific roadmap

Robyn M. Millan <sup>a,\*</sup>, Rudolf von Steiger <sup>b,c,\*</sup>, Meir Ariel <sup>d</sup>, Sébastien Maurice Borgeaud <sup>f</sup>, Stefano Campagnola <sup>g</sup>, Julie C. Castillo-Rogger <sup>h</sup>, Volker Gass <sup>i</sup>, Anna Gregorio <sup>j,k,l</sup>, David M. Klumpar <sup>m</sup>, Benjamin Malcolm Macdonald <sup>o</sup>, Jong Uk Park <sup>p</sup>, V. Sambasiva Rao <sup>q</sup>, I. Graeme Stephens <sup>g</sup>, Alan M. Title <sup>s</sup>, Ji Wu <sup>t</sup>

<sup>a</sup> Department of Physics and Astronomy, 6127 Wilder Lab, Dartmouth College, Hanover, NH, USA

<sup>b</sup> International Space Science Institute, Hallerstrasse 6, CH-3012 Bern, Switzerland

<sup>c</sup> Physikalisches Institut, University of Bern, Sidlerstrasse 5, CH-3012 Bern, Switzerland

<sup>d</sup> Tel Aviv University, The Porter School of Environmental Sciences, P.O. Box 39040, Tel Aviv, Israel

<sup>e</sup> Space Research Institute (IKI), Russian Academy of Sciences 84/32 Profsoyuznaya Str., Moscow, Russia

<sup>f</sup> European Space Agency (ESA), ESRI, Largo Galileo Galilei 1, I-00044 Frascati, Italy

<sup>g</sup> Jet Propulsion Laboratory, 4800 Oak Grove Drive, Pasadena, CA 91109, USA

<sup>h</sup> Technical University of Denmark, Elektrovej Building 327, DK-2800 Kgs. Lyngby, Denmark

<sup>i</sup> Swiss Space Center, EPFL, PPH 339, Station 13, CH-1015 Lausanne, Switzerland

<sup>j</sup> University of Trieste, Department of Physics, Via A. Valerio 2, I-34127 Trieste, Italy

<sup>k</sup> Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Via A. Valerio 2, I-34127 Trieste, Italy

<sup>l</sup> Istituto Nazionale di Astrofisica, Osservatorio Astronomico di Trieste, Via Giambattista Tiepolo 1, I-34143 Sgonico, Italy

<sup>m</sup> Montana State University, Department of Physics, Space Science and Engineering Laboratory, 264 Barnard Hall, Bozeman, MT 59717-3840, USA

<sup>n</sup> IDA Science and Technology Policy Institute, 1701 Pennsylvania Avenue, NW, Suite 500, Washington, DC 20036, USA

<sup>o</sup> Mechanical & Aerospace Engineering, University of Strathclyde, 75 Montrose Street, Glasgow G4 0LN, UK

<sup>p</sup> Space Science Division, Korea Astronomy and Space Science Institute, 776, Daedeok-Daero, Yuseong-Gu, Daejeon, Korea

<sup>q</sup> Centre for Research in Space Science and Technology, PES University, Bengaluru, Karnataka 560077, India

<sup>r</sup> Julius-Maximilians-University Würzburg, Am Hubland, D-97074 Würzburg, Germany

<sup>s</sup> Lockheed Martin Advanced Technology Center, Stanford University, 607 Marion Place, Palo Alto, CA 94305, USA

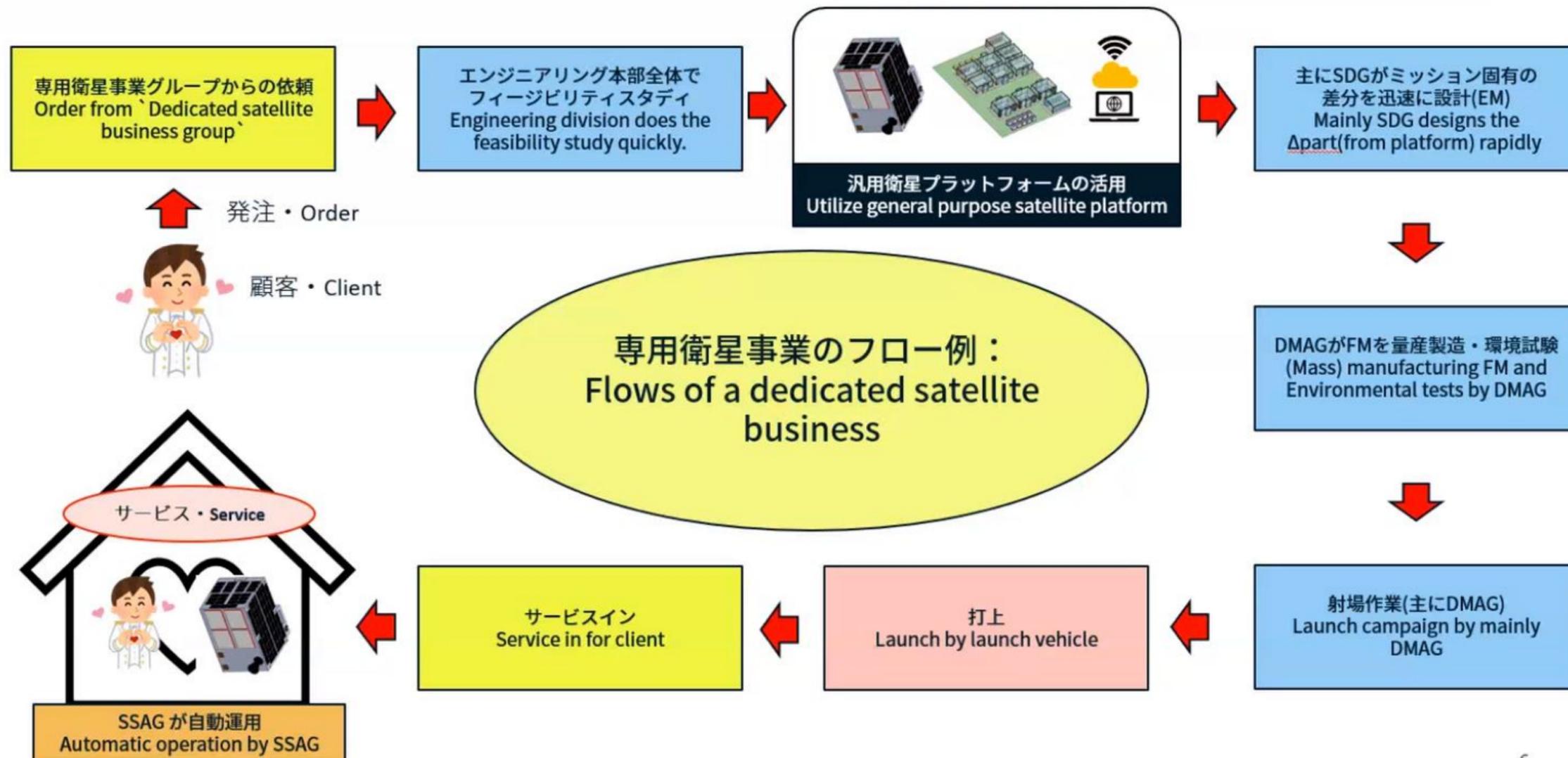
<sup>t</sup> National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences, 1 Nanertiao, Zhongguancun, Haidian District, Beijing 100049, China

Received 9 August 2018; received in revised form 17 July 2019; accepted 18 July 2019

Available online 2 August 2019

# Towards astronomy with AxelLiner

- Our pitch: at order of magnitude lower costs than dedicated e.g., NASA satellites, we want your science project up and running as soon as possible. 私たちの提案: NASAの専用衛星よりも桁違いに低いコストで、お客様の科学プロジェクトをできるだけ早く立ち上げて稼働させたいと考えています。
- AxelLiner approach: You just build the science telescope and instruments, we do the rest. AxelLiner のアプローチ: お客様は科学望遠鏡と機器を構築するだけで、残りは私たちが行います。
- General-purpose satellite bus system. Assembly line offers the prospect of reducing costs associated with satellite design and manufacture for a fleet of identical or near-identical spacecraft. 汎用衛星バスシステム。組立ラインは、同一またはほぼ同一の宇宙船群の衛星設計・製造に関連するコストを削減できる見込みがあります。



# CONCLUSIONS まとめ

AXELSPACE

- SSA has given me the opportunity to reconnect with astronomy in a new context
  - SSA was an unexpected way for Axelspace, a space venture, to extend its business to space imaging
  - Lots of private (commercial) and defence (government) money goes into the SSA market
  - Management at Axelspace is receptive to astronomy and hopes to increase collaboration with NAOJ and other institutes
  - Although money is expected to move to space industry ventures, affecting science missions, the best approach is for scientific institutes to take advantage of the lower costs offered by these commercial ventures when planning future missions
- 
- SSAは、私に新しい文脈で天文学と再び関わる機会を与えてくれました。
  - SSAは、宇宙ベンチャーであるアクセルスペースが宇宙画像ビジネスを拡大する予想外の方法となりました。
  - SSA市場には多くの民間(商業)および防衛(政府)資金が流れています。
  - アクセルスペースの経営陣は天文学に対して関心を持ち、NAOJや他の研究機関との協力を増やしたいと考えています。
  - 宇宙産業への資金移行が期待されていて、科学ミッションに影響を与える場合があります。将来のミッションを計画する際、科学機関にとって最善の方法は、商業ベンチャーが提供する低コストオプションを活用することです。



Thank you very much!

AXELSPACE

ありがとうございました