

# 革新1号搭載DLASプロジェクトのその後の展開 (深層学習を応用した革新的地球センサおよびスタートラッカーの開発)

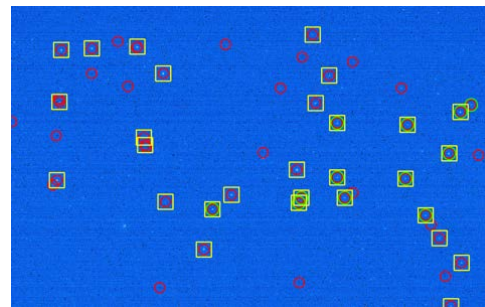
東京科学大学 理学院 物理学系

准教授 谷津 陽一

2026-06-04

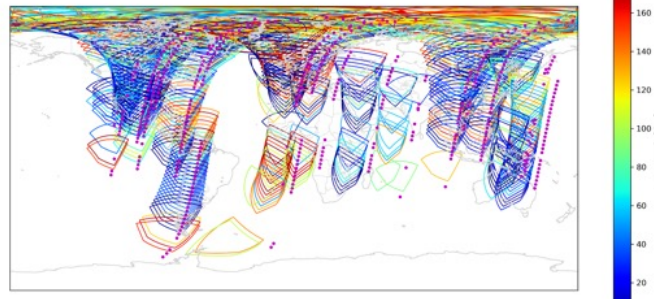
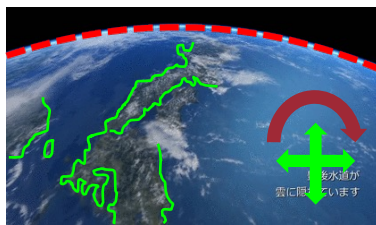
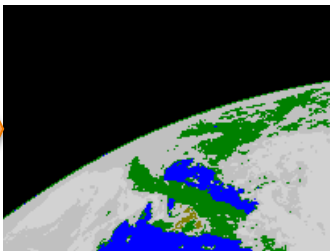
# DLASの実験概要

## ① 超小型衛星用STTの軌道上実証



**DLAS-STTは姿勢決定精度は13.5秒角を達成**  
⇒ 輸出規制に引っかかる領域へ

## ② OBC/Edge AIを用いたリアルタイム画像識別 + 3軸姿勢推定



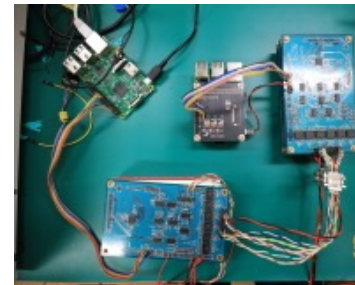
**地形パターンを用いた3軸姿勢推定 (世界初)**  
条件が良ければ姿勢決定誤差は $\pm 0.5^\circ$  以下

**DLASでの実行結果 (再学習済み) 可視・DLとして世界初**

# 開発時の技術的困難

# 上手くいったところ：電気インターフェース

- ◆ RAPIS-1については、電気IFをユーザーが設定できた。
  - FM納品1年前にエミュレータを衛星メーカーへ支給。
  - 使用したデバイスまで含めて情報開示して、システム側に対応してもらえた。
  - 逆にDLAS側も同一の回路を衛星エミュレータとして使用  
⇒ プロトコルやソフトウェア部分を後から実装できた



2017年4月7日エミュレータ支給  
⇒ 2018年3月がFM納品

アクセルの柔軟な対応に助けられ、一番面倒な  
電気IFの開発・試験ををだいぶ簡略化

# あぶなかったところ：開発スケジュール

## ◆ STTもAIもゼロからの開発

- そもそも厳しいスケジュールだった。（あまり欲張らない方が良い）

## ◆ Hardwareは比較的順調

- 2014年の衛星喪失していたため、できるだけ民生品を流用し、自作を抑制
- 衛星バス開発ではないので気持ちが楽！
- フォーカス合わせは徹夜で実施（ SHIPPING直前に計算ミス発覚⇒ 修正）

## ◆ Softwareは綱渡り

- 機能検証をどうするかが困難だった
- つくば宇宙センターへ移動中の車の中でデバッグ
- その後も衛星が地上にいる間は何度か修正させていただいた。

高井さん、平澤さんには、終電直前に学生を駅まで送っていただくなど助けていただきました。。。

# 事業化

# 革新1申請時のビジネス戦略

## ◆ 愚かだったこと

⇒ まだ作ってもないのに安売り戦略？！

- ビジネスを分かっていない。
- そもそも物を売っても儲からないのに安くしてどうするのか？

## ◆ 逆に意外と賢かったこと

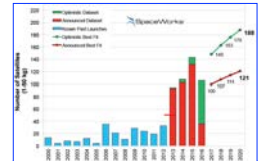
- 知財ビジネス指向だったこと。
- 星カタログ・ソフトウェア・設計の知見等の活用（2000枚の軌道上データと卒論・修論が宝物）
- そもそもDLASの開発費が500万円程度なのでこれが売り物になるとは思っていない
- 販売はサポートが大変⇒ これを自分ではできない

## 目的1：市場の要求から

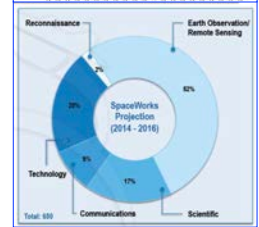
(①価格競争力・機能向上)

Spaceworks Commercial

- ターゲット：
  - 市場規模は年間100~200機（上図）
  - 50kg以上の通常衛星は平均90機/年(2003~2012)⇒ **超小型衛星をターゲットとする**



- 現在の超小型衛星利用目的（下図）：
  - ほとんどが地球観測（52% @ 2014~2016）
  - 科学：17%、技術：20%、通信：9%、偵察：2%⇒ **高精度姿勢制御は50kg以下でも必須である**



- 利用者から見た超小型衛星のコストパフォーマンス
  - 大手メーカーの衛星バス 10億以上（論外）
  - NESTRA/アクセルスペース 3~5億（大型補助金必須）
  - 競合するプラットフォーム：観測用気球・ドローン
  - 採算：例えば、地球の写真を1日3枚ずつ撮影して、1枚10万円で売ると年商1億円。（普通に考えてそんな客はほとんど居ないはず）
  - 一方、科学観測の場合、気球と勝負するなら1機数千円であれば検討価値がある。⇒ **現状よりもコンポーネントの値段を一桁下げる必要性**

姿勢系コンポの中でも特に高価なスタートラッカーを一桁安くする。地球センサも現状とは全く異なる考え方で高精度センサにする。

2015/11/20

革新的衛星技術実証プログラム ヒアリング

2

2015年11月20日 ピュアだったころに書いた審査資料

# 事業化への挑戦

## ◆挑戦 1：大学発ベンチャーの立ち上げ⇒失敗

- 敗因：「低コスト戦略」、「死の谷」、「VC」
- 当時海外からも問い合わせはあったが、性能で応えられず

宇宙系ものづくりでvcを入れるといろいろと難しくなります  
(スタートアップは製造技術もサプライチェーンもないところから始まる)



## ◆挑戦 2：産学連携コンソーシアム（ジェネシア・東北大・科学大）

- 性能・信頼性で負けたらそもそも相手にもされない⇒「高性能路線」
- 事業化：安定した企業が開発費を出し、継続的に生産・販売・サポート



最高の技術を持っているチーム。大学が事業化をやらなかったことが勝因

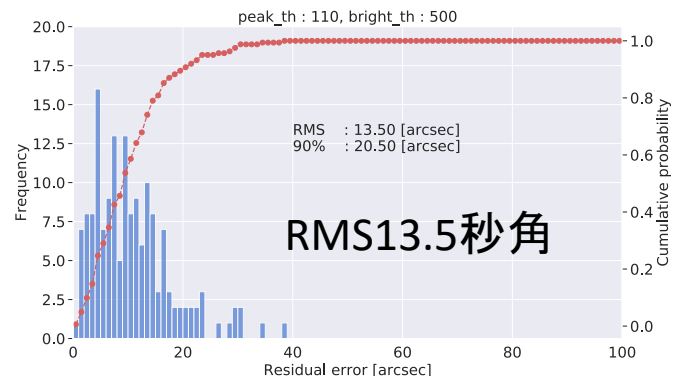
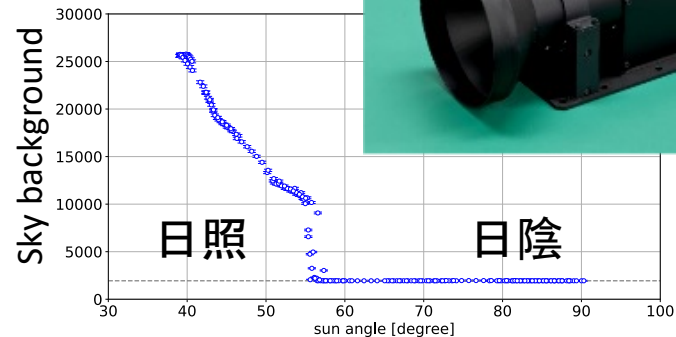
失敗しつつも2回ものチャンスが得られたのは革新でのフライト実証があったおかげ

# DLASの欠点克服

- ◆ 大きい（超小型ですら入らない）
- ◆ 日照中の迷光による誤動作
- ◆ 姿勢決定精度⇒ 世界レベルには届かず（これでは天文衛星に使用できない😞）

課題はレンズとアルゴリズム  
（実績はできて、中途半端では売れると思えない）

DLAS STT



# 製品版の開発と最高性能の追求

## ◆ 完全専用設計

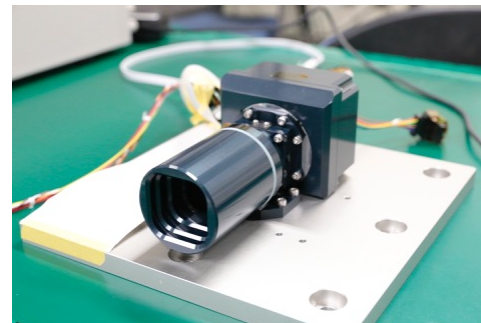
- 専用レンズ・専用回路  
STTの物理的性能はレンズで決まる。

## ◆ ソフトウェアによる精度・信頼性向上

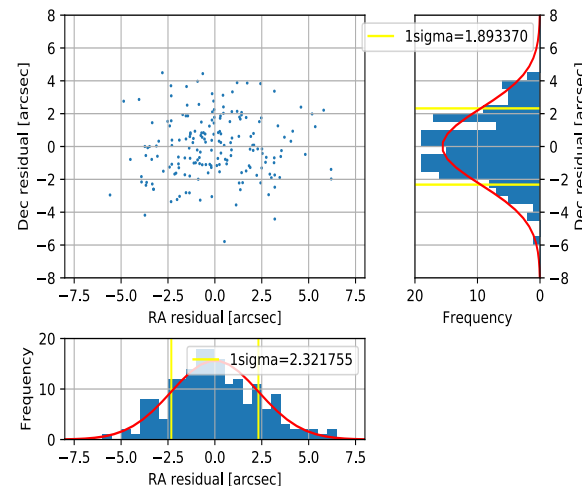
- 画像処理アルゴリズム・星カタログの最適化  
物理的性能をギリギリまで引き出す。

## ◆ 使いやすいインターフェース設計

- 観測衛星の制御に使えること
- 地球観測衛星で実績のある東北大と共同開発



地上試験

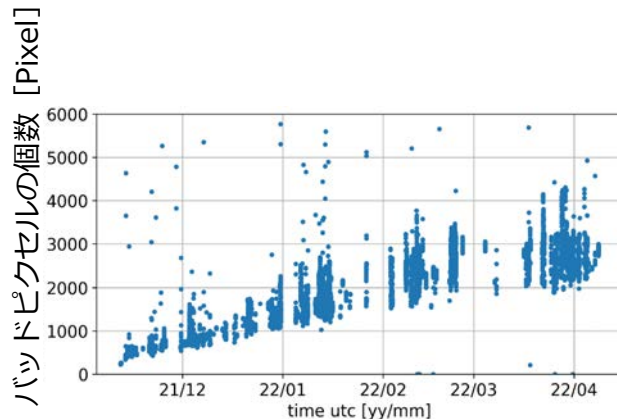


**姿勢決定精度は RMS±2秒角と  
同クラス世界トップレベルに到達！  
(BCT、Sinclair、Sodarnと並ぶ)**

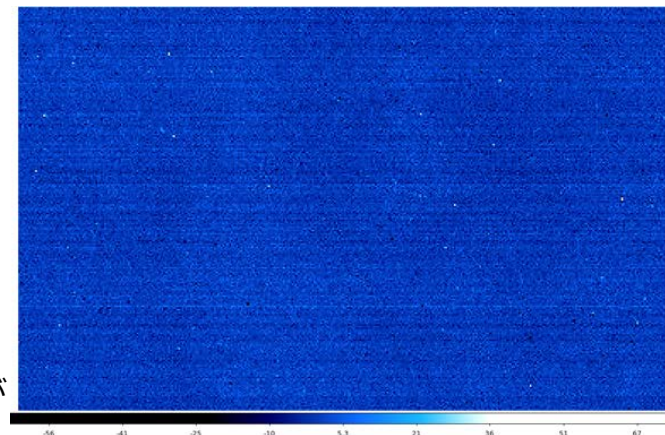
東京・薄曇り・月ありで±2"RMS

# 製品版の軌道上実証@革新2 HIBARI

- ◆ 2021年11月打ち上げのHIBARI衛星に2系統のSTTを搭載して打ち上げ、姿勢制御に使用



Hotpixelの増加状況。順調に劣化しているが姿勢決定に影響なし



インド上空散歩

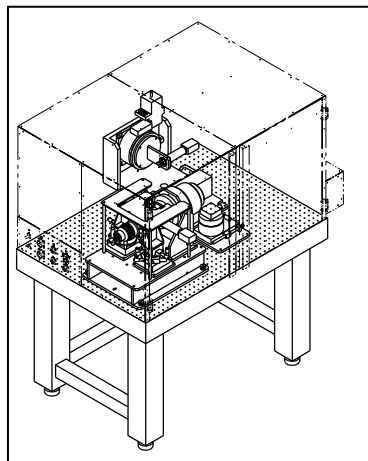
軌道上でおよそ4.5年、不具合なく動作⇒信頼線も世界トップレベル  
軌道上で高速姿勢制御実験を実施中でありTRL=9を達成。

# NEDOプロジェクト（産学連携・STT社会実装）

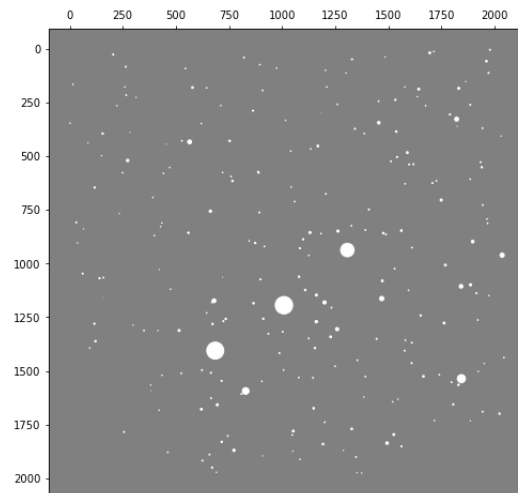
◆ 経産省 R2補正 小型衛星コンステレーション関連要素技術開発  
（軌道・姿勢制御技術 スタートラッカー）採択（3年 1.5億円）

◆ STTの高性能・高機能・高信頼化を実現し製品競争価値を向上

- 高速度化・低電力化
- アルゴリズム改善
- オプション周辺機器の開発
  - ミラーキューブ
  - 各種バッフル（長・中・短）
  - 専用恒星シミュレータ
  - STT エミュレータ
  - SiLS/HiLS



外観図



疑似画像生成例(オリオン座付近)

- 視野中心RA:5h36m, DEC:+3°
- ピクセルスケール12.7" の場合
- 2048 X 2048ピクセル

# STTの海外展示会出展

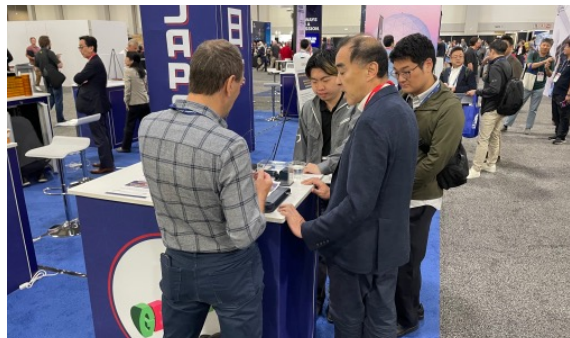
## Small Satellite Conference2025@Utah世界最大の小型衛星カンファレンス

### ◆ 国際市場調査を念頭に、本学共同開発のSTTを展示

- 2秒角精度・軌道上4年の運用実績（トップエンド）に対し、
- 価格: 1,200万円 ⇒ 「**安い!**」という反応
- 入手性: 月産数十台 ⇒ 「**十分!**」という評価

### ◆ 宇宙コンポ市場は**安価な製品**と**高性能品**で2極化

- **ビジネス衛星は姿勢が生命線** ⇒ 高性能品・実績品は**値上がり**



衛星コンポ（特にSTT）はスペック詐欺が横行。  
軌道上実績の聞き取りが重視される。

### Arcsec-precision Star Tracker

#### Features

- ✓ Flight proven, Arcsec-precision Star Tracker
- ✓ Compact, Low-power, High Accuracy
- ✓ High degree of layout flexibility
- ✓ due to small sun/earth avoidance angles
- ✓ Rational command system

#### Overview

This STT is designed for the satellites from CubeSat up to ~200 kg class requiring high pointing accuracy / attitude stability, such as remote sensing and astronomical observations. This STT has been worked normally aboard HIBARI satellite (Fig. 1) since 2021.


#### Table 1. Specification of the STT.


Parameter	Value
Accuracy (3-sigma)	Cross bore-sight: 6 arcsec (see Fig. 2) About bore-sight: 60 arcsec
Acquisition	< 200 ms (not include exposure time)
Update rate	~ 2 Hz in Acquisition
Power	~ 2.5 W (1V supply)
Communication IF	RS-422
Maximum Slew Rate	~ 2 deg/s
Sun Avoidance Angle	World best class, Ask us!
Earth Avoidance Angle	10 deg from the rim of the day Earth (80%)
Moon Avoidance Angle	No degradation in performance with full moon in FoV.
Temperature	Wide range, Ask us (uses athermal optics)
Size	144 mm(L) x 66 mm(H) x 74 mm(W) Includes baffles, electric connectors
Total Mass	460 g (case of short baffle)
Design Life	> 5 years in LEO


#### Useful optional parts and accessories

- Optical Alignment Cube
- Long/Mid/Short baffles
- Table-top Star/Sun Simulator

#### Technical Information/Purchase inquiry

 Prof. Yoichi YATSU (Institute of Science Tokyo)  
E-mail : [yatsu@lp.phys.titech.ac.jp](mailto:yatsu@lp.phys.titech.ac.jp)  
Address : 2-12-1 Ookayama, Meguro, Tokyo 152-8551, Japan

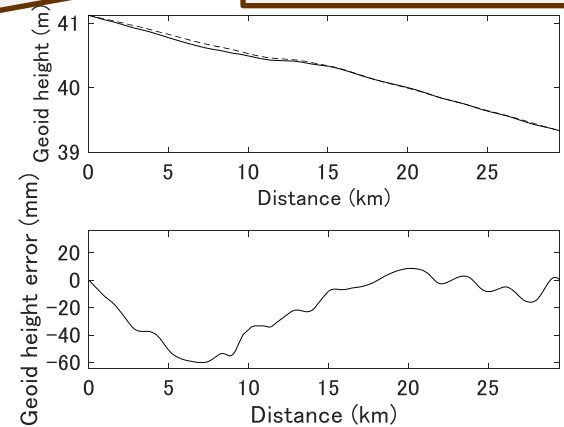
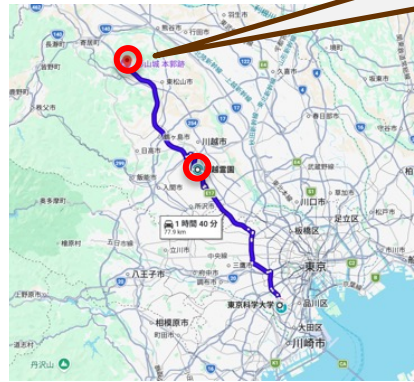
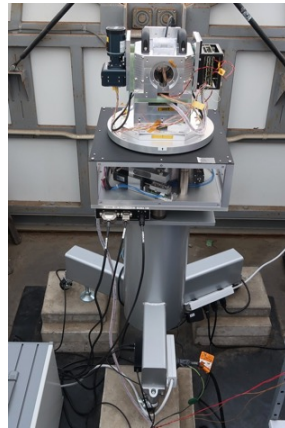
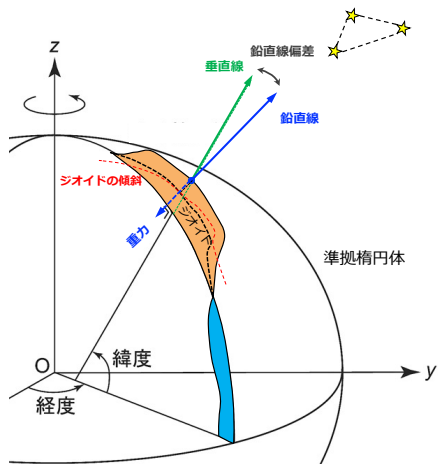
 GENESIA Corporation  
E-mail : [sales@genesia.co.jp](mailto:sales@genesia.co.jp)  
URL : <https://www.genesia.com>  
Address : 3-38-4-601 Shimo-Rejuku, Minaka, Tokyo 181-0013, Japan [www.genesia.com](http://www.genesia.com)



⇒ 100部ほど準備したフライヤーは3日で売り切れ

# JST量子航法プロジェクト (STTの防災応用)

- ◆ JST 共創の場形成支援プログラム 量子航法科学技術拠点 (代表: 科学大・上妻教授)
- ◆ **量子ジャイロと天測航法の連携⇒ リアルタイム連続ジオイド計測**  
⇒ 国土強靱化・防災に直結

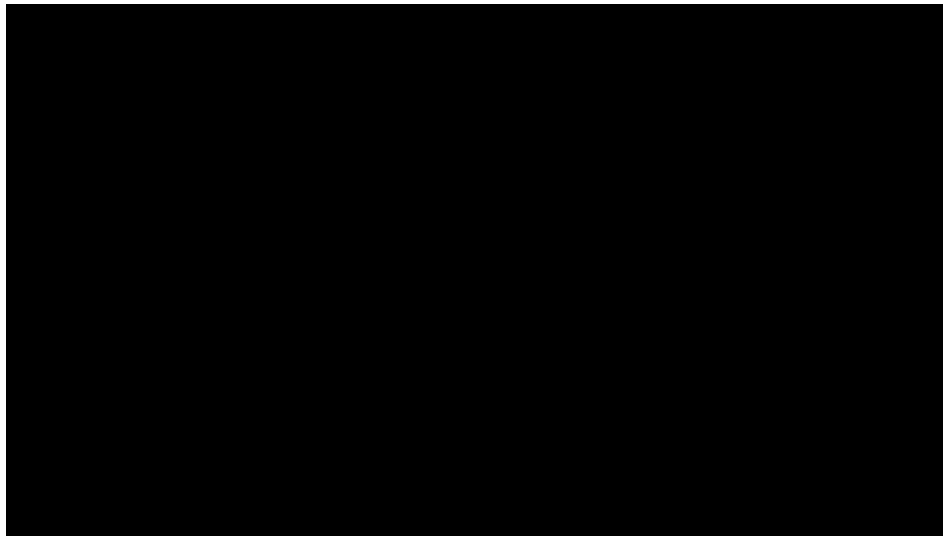


「恒星」を基準として重力の方向を精密計測  
「天測鉛直線偏差計測装置」

2025年度末時点でのジオイド推定精度は3cm  
3年以内にミリメートル精度を目指す！！

# おまけ：STTを用いたSSA情報取得

DLASには衛星がたくさん写っていた



- ◆ 我々はこのアイデアを2022年ごろには提案して売り込み始めていた。
- ◆ この機能、うみつばめ搭載STTには実装済だったが、、、
- ◆ 2026年 SPACEXが "Stargaze" 発表

衛星をいっぱい持っているやつには勝てない。世界のスピード感を痛感

