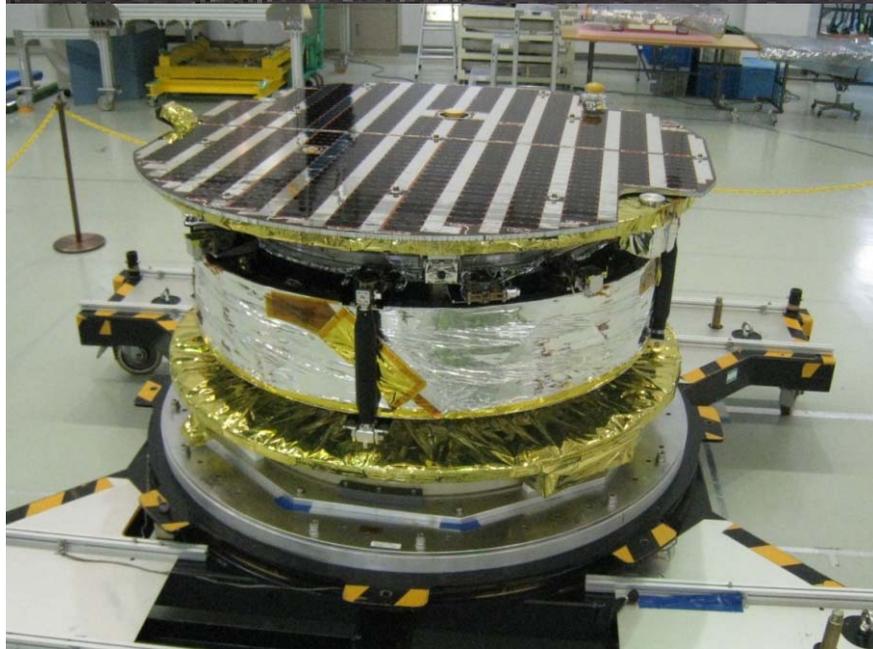




私の10年, UNISECの10年
～キューブサットから惑星探査へ～

UNISEC正会員 津田雄一



津田 雄一 (つだ ゆういち)

宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

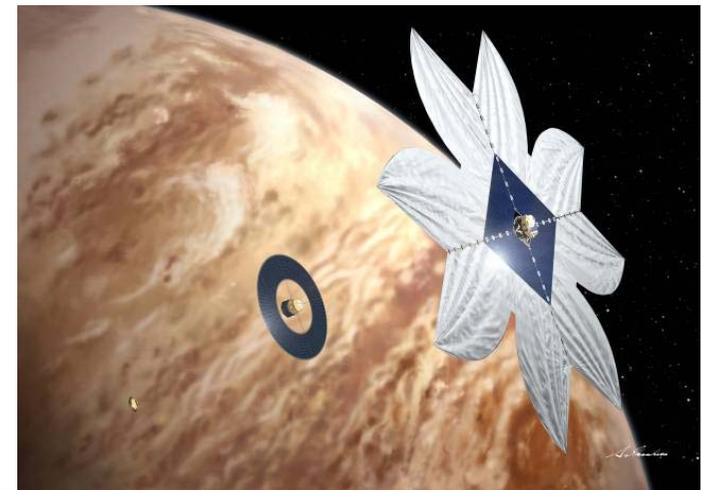
宇宙科学研究所 / 月惑星探査プログラムグループ 助教

専門: 宇宙工学

・探査機・人工衛星ミッションの立案, 宇宙機システム, 誘導航法制御

携わってきた仕事

- ・東京大学CubeSat「XI-IV (サイフォー)」の開発<プロジェクトマネージャー>
- ・M-Vロケットの制御システム
- ・小惑星探査機「はやぶさ」のオペレーション
- ・ソーラー電力セイル実証機「IKAROS」の設計, 開発, オペレーション:
<プロジェクトマネージャー→サブプロジェクトマネージャー>
- ・はやぶさ2の設計, 開発: <プロジェクトエンジニア>



すべてのはじまり(1999年～2003年)

空き缶サイズの人工衛星, “CanSat”



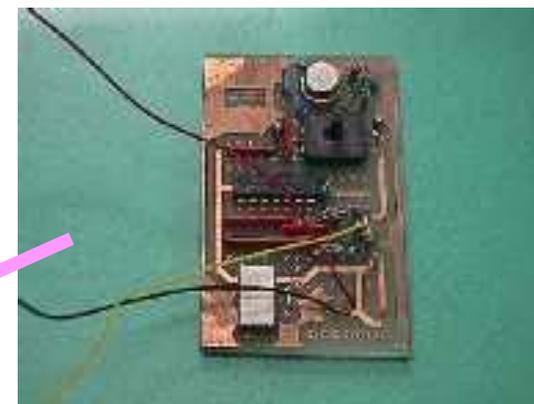
初代CanSat (3種類の内2号機)



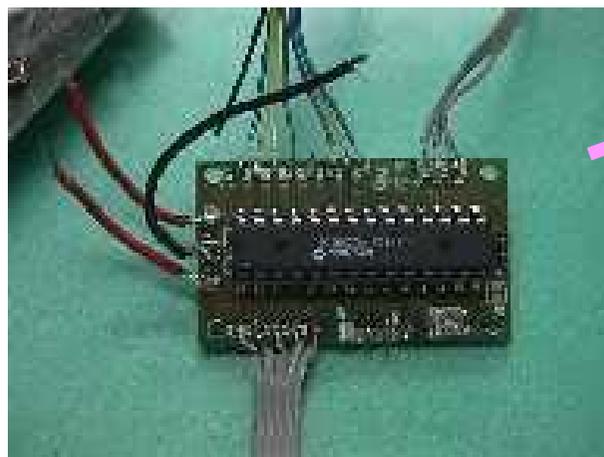
メイン基板

パラシュート

バッテリー



センサー基板



TNC



350ml アルミ缶

アンテナ



送信機

1999年, CanSat打ち上げ

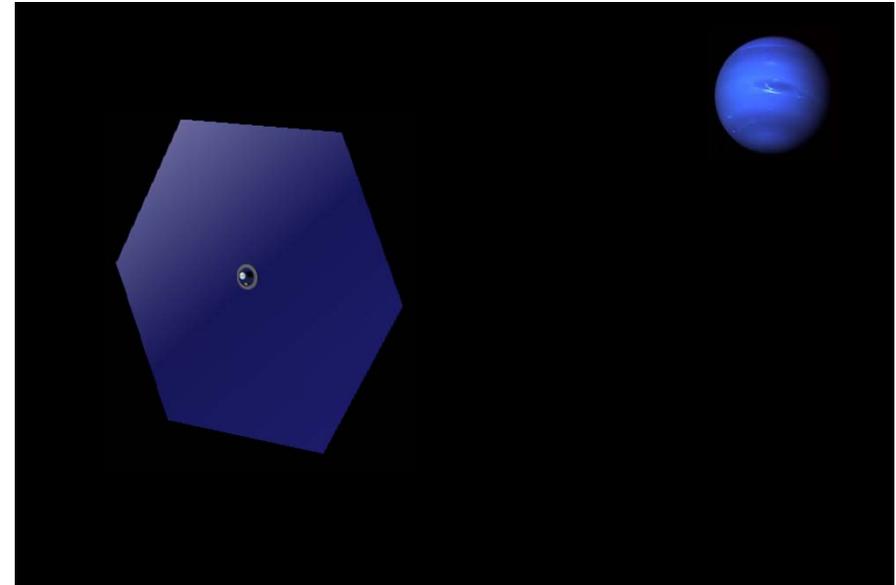


ホンモノの人工衛星を作りたい！ ～日本の超小型衛星黎明期

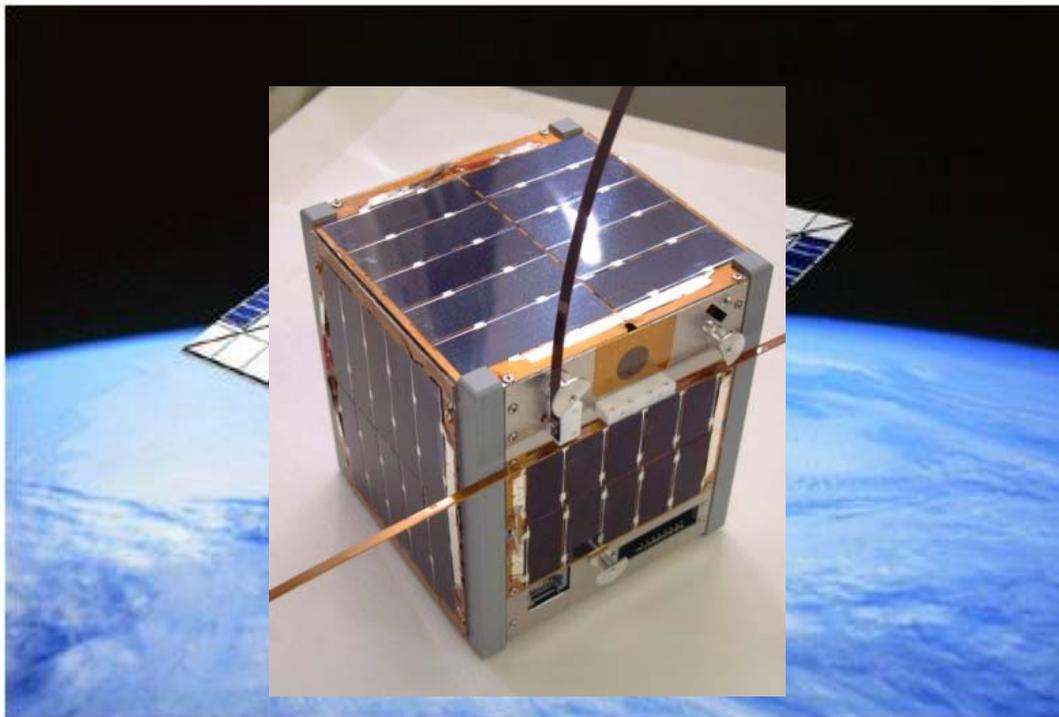
CanSatからCubeSatへ.

10cm × 10cm × 10cmの人工衛星を作ろう.
CubeSatのコンセプトはスタンフォード大. でも初号機は日本からの2基でした.

CubeSatと自分たちのもともとの研究を融合できないか?? ～「ふろしき衛星」



Ref.津田, 中須賀, 青木, 長島, 1999 宇宙輸送シンポジウム

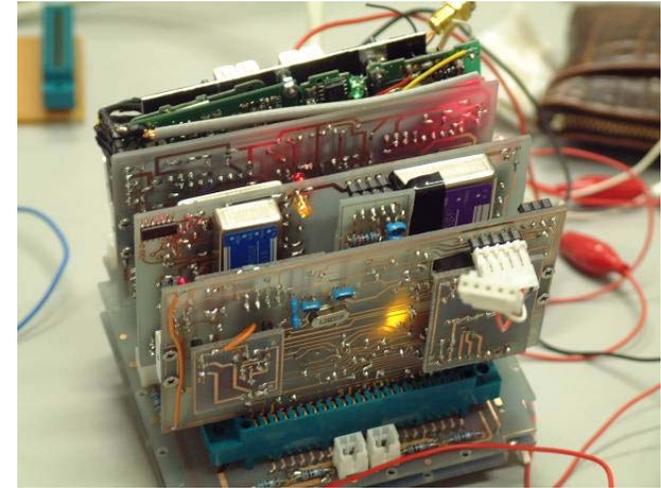


1998年 直径200mの薄膜電池を遠心力展開する冥王星探査機の研究. 新しい折り方の考案(「津田折り」!?)

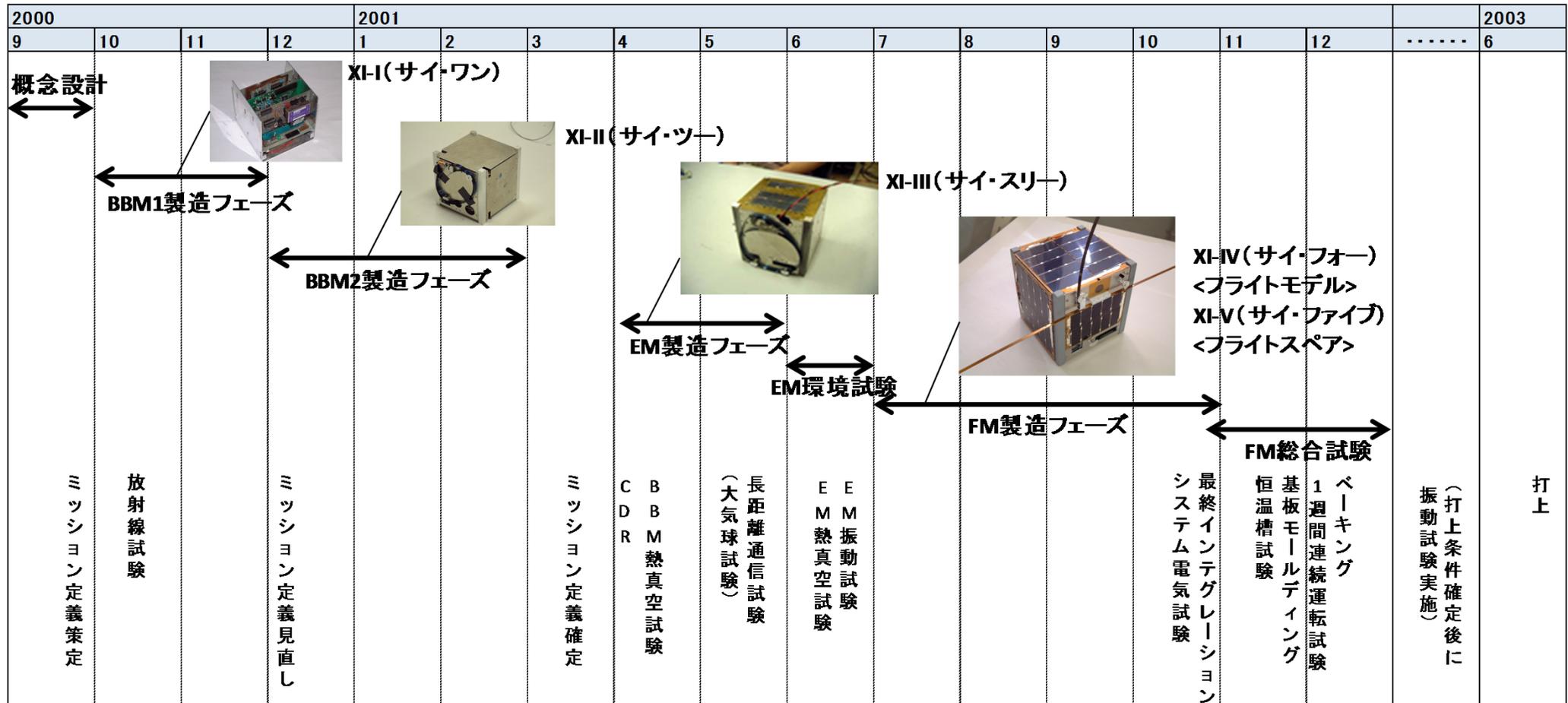
1999年 CubeSatスケールで遠心力展開する薄膜電池実験を提案. 結局...

教科書は教えてくれない

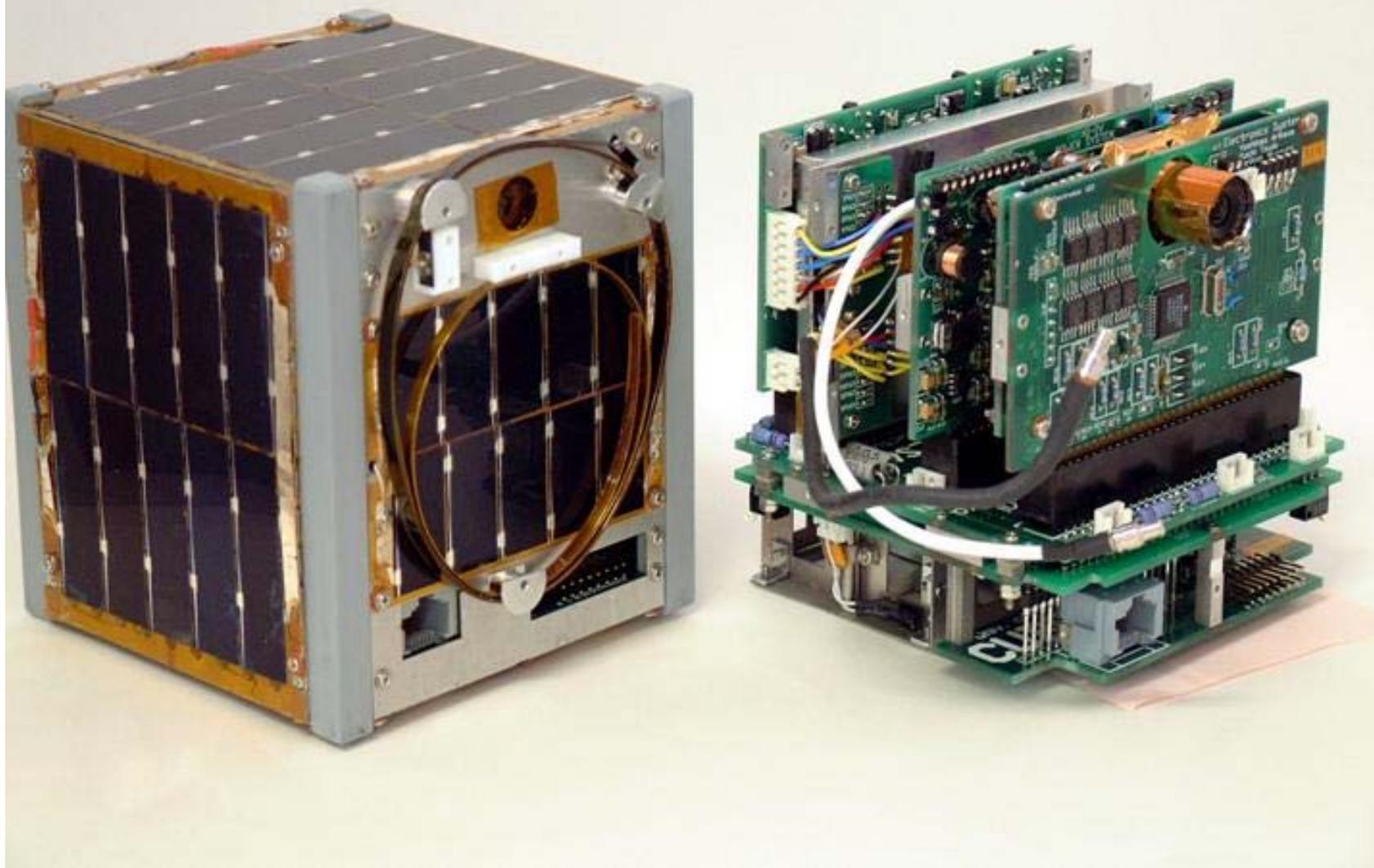
未踏の世界は、(それが周知であれ未知であれ)自分で切り拓くべきもの。



当時のスピード感



University of Tokyo's CubeSat Project "XI"



“CubeSat”, 打ち上げへ！



2003/06/30 18:15:26 (現地時間)
XI-IV 宇宙へ！！！！



CubeSat XI-IV Photo Gallery July – November 2003, University of Tokyo ISSL



7.30 南大西洋上空



9.14 アソス諸島上空



9.17 東ティモール上空



10.5 バングラデッシュ上空



10.5 チベット上空

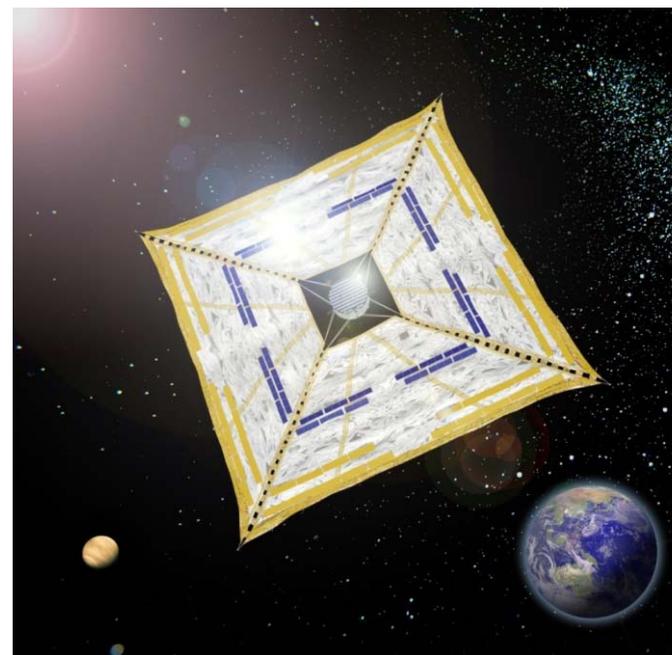


11.03 エジプト上空

超小型衛星から深宇宙探査の世界へ(2003年～)



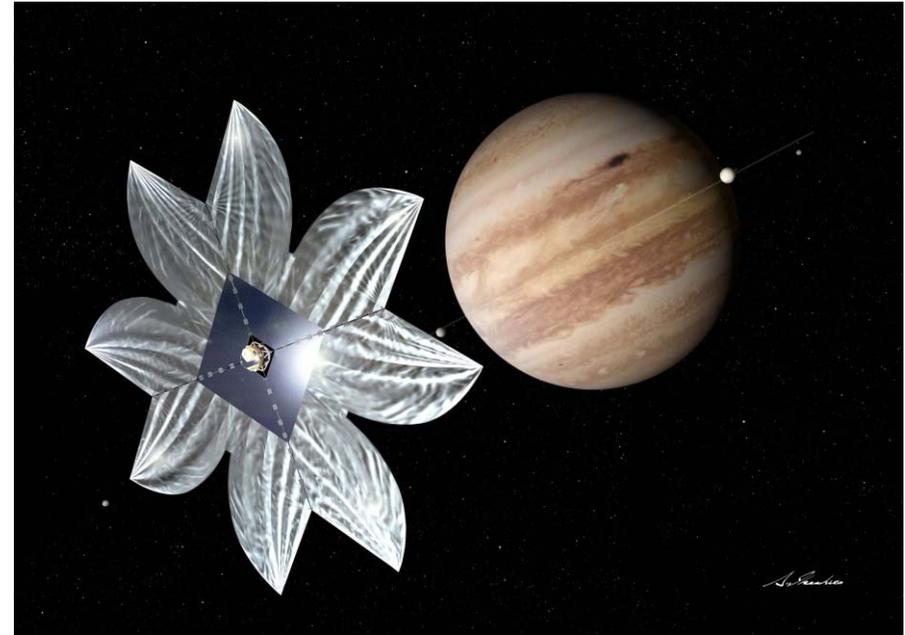
小惑星サンプルリターン工学実証探査機
MUSES-C はやぶさ



小型ソーラー電力セイル実証機
IKAROS

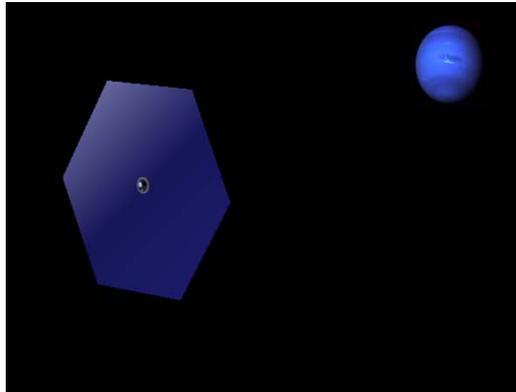


小惑星サンプルリターン工学実証探査機
MUSES-C はやぶさ



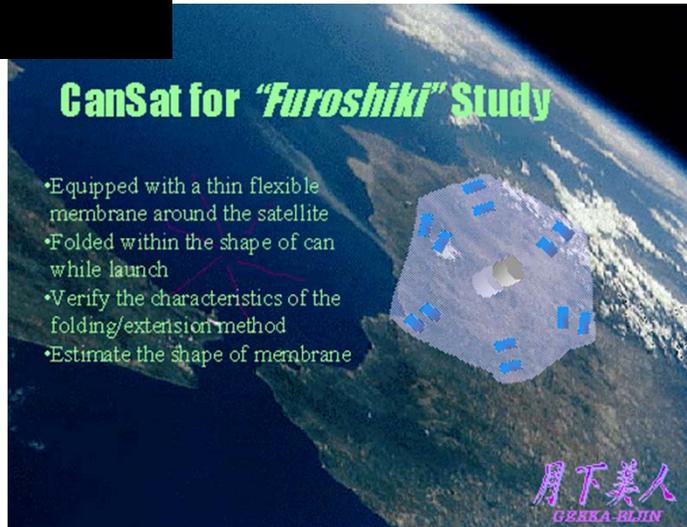
ソーラー電力セイル木星トロヤ群探査

- 日本は、2010年に、世界で初めてソーラーセイルを搭載した無人探査機IKAROSを実現しました。ソーラーセイルは、地球重力圏外（「深宇宙」）で展開され、その後太陽光圧の加速を得て金星を通過しました。
- 日本は、2010年に、世界で初めて小惑星との往復飛行を完遂しました。はやぶさは小惑星への滞在、着陸、離陸を行い、小惑星の物質を地球へ持ち帰りました。

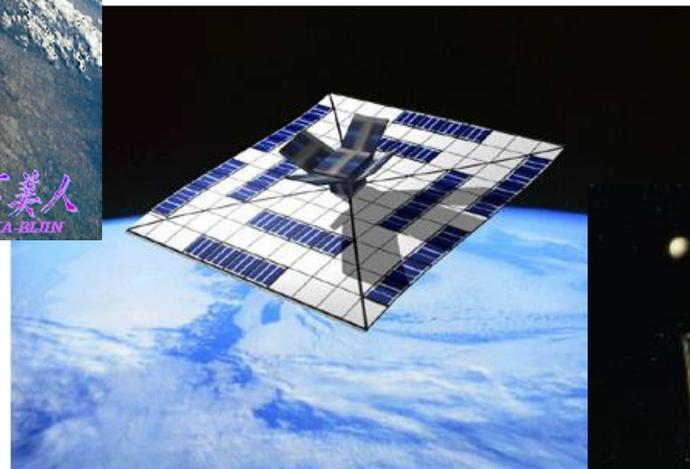


1998
薄膜電池による冥王星探査
(卒業設計)

ちなみに, 私は自分を
軌道, 誘導航法制御
の専門家だと思っています...

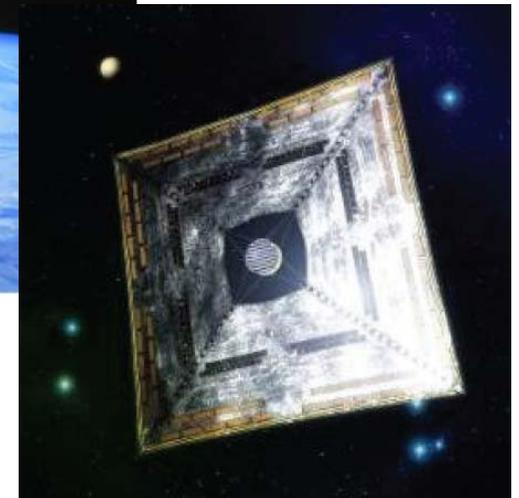


1999
CanSat膜展開実験
(開発試験→膜なしCanSat)



2000
CubeSat膜展開実験
(開発試験→膜なしCubeSat)

2007
IKAROSセイル展開・光圧航行実証
(宇宙実証成功)



CANSAT用膜の展開実験 (1999年)



CubeSat用膜の展開実験 (2000年)



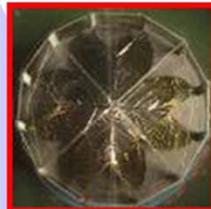
ISAS入所後のソーラーセイル開発の経験



2002
真空槽内落下試験 (D=2m)



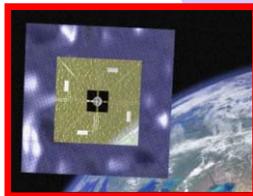
2003
大気球高高度落下試験
(D=4m)



2003-2004
スピントーブル試験
(D=2.5m)



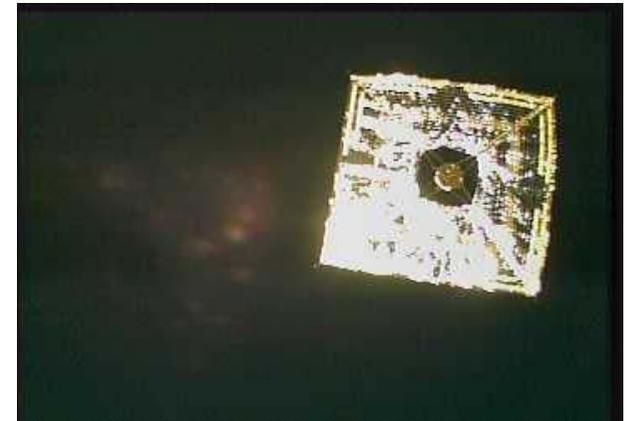
2004
観測ロケット弾道飛行試験S310-34
(D=10m)



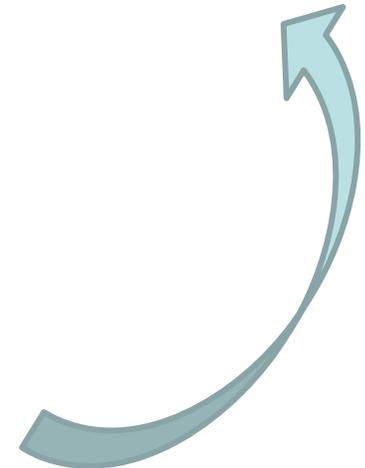
2006
低軌道実証M-V#7 SSSAT
(D=2.7m)



2006
大気球高高度吊下試験
(D=20m)



2010
深宇宙飛行実証 (IKAROS)
(D=20m)



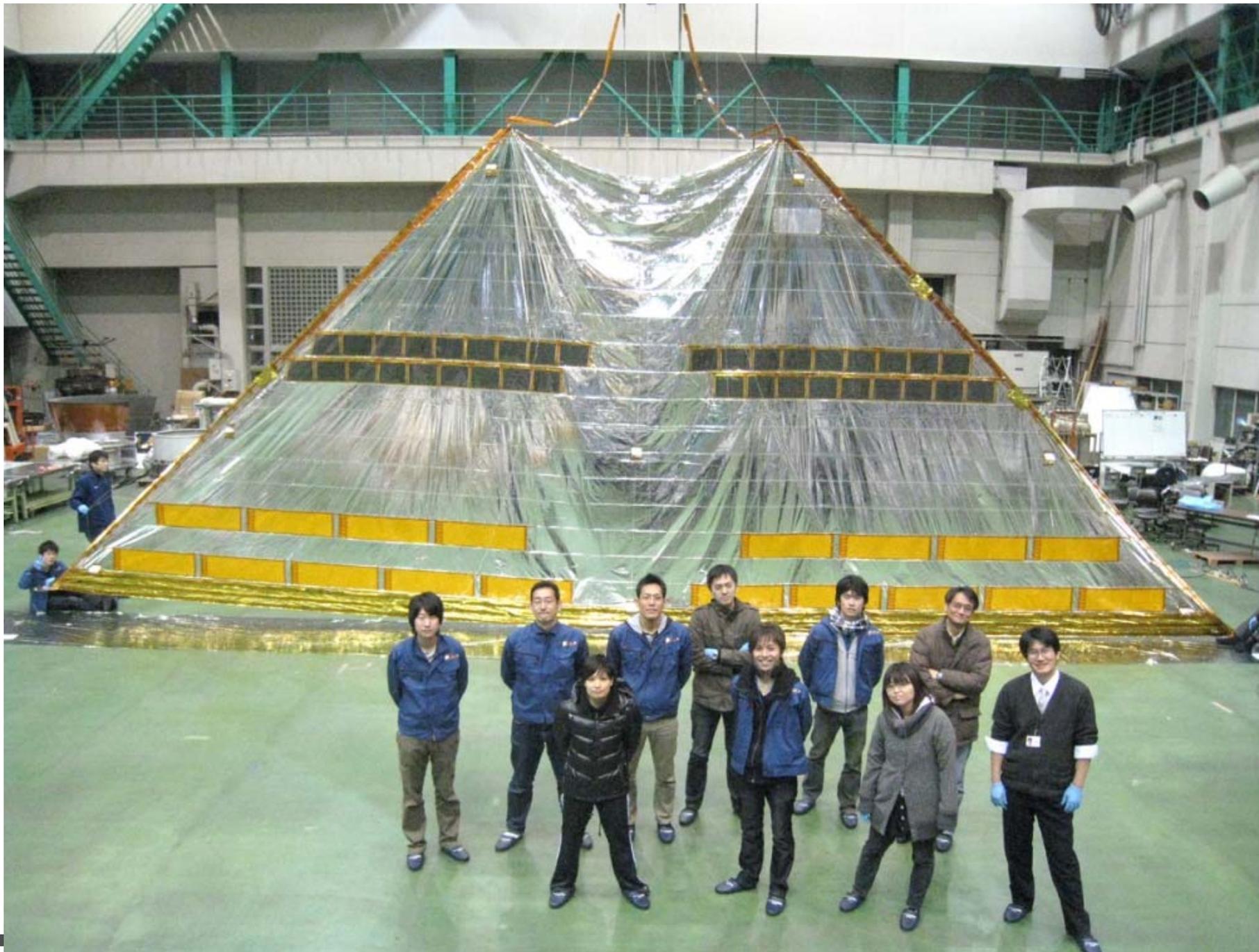
セイル展開技術の難しさ ＝無重力＋真空は地上では実現できない！

- ① S310観測ロケットによるセイル展開実験
- ② スケートリンク実験
- ③ 気球実験



ビルの屋上から吊り下げる
スピンドルでぐるぐるまわす
とりあえずたくさんの人でひっぱってみる
(むりやり)1気圧, 1Gでまわしてみる
etc...

小片に分割してひっぱったりやぶったりする
真空槽でゆさぶってみる
ロケットのよこちょに展開装置をくっつける
etc...



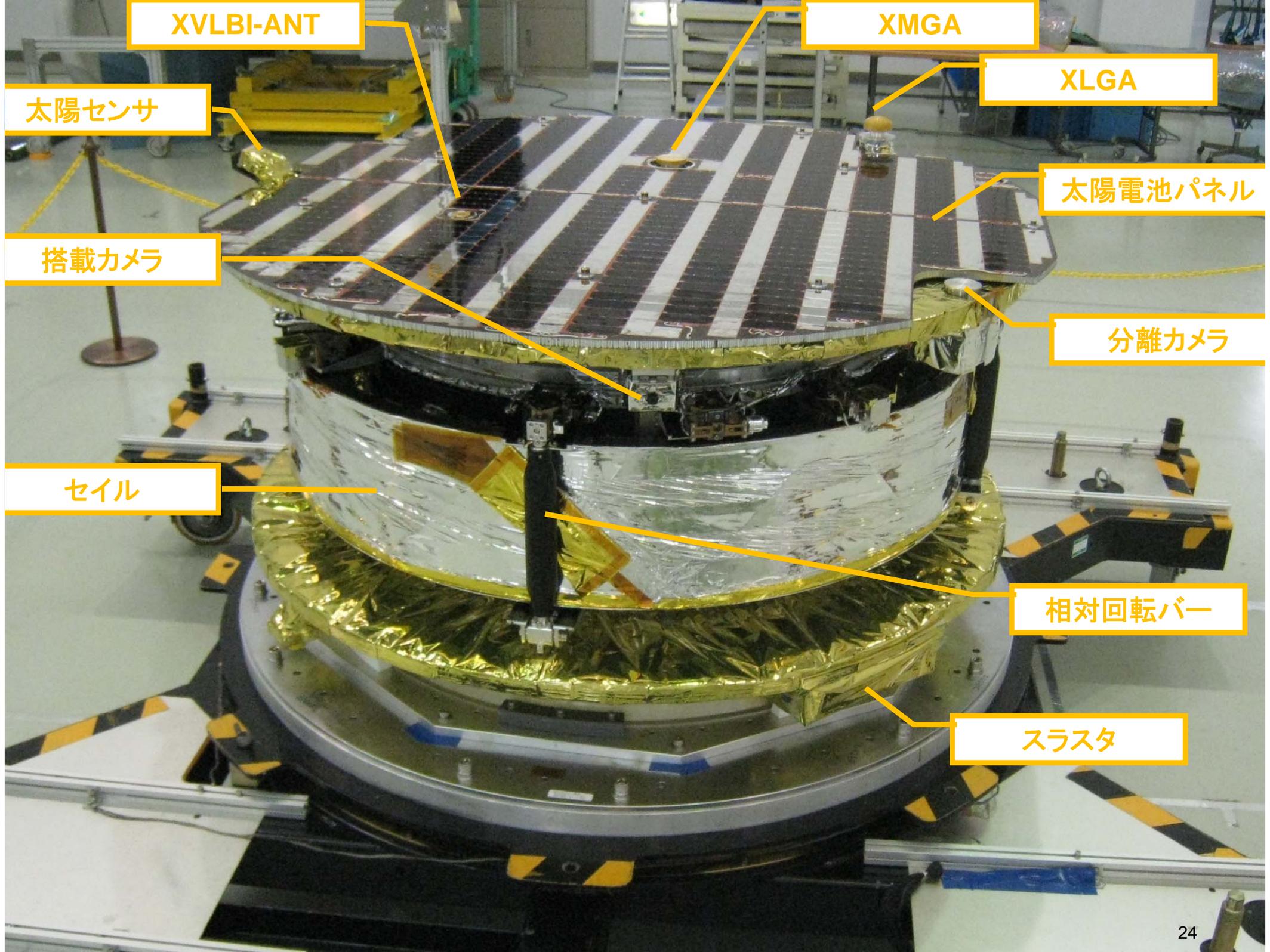
たくさんの大学生が参加

東京大学, 東海大学, 九州大学, 電気通信大学, 青山学院大学, ...



いっせいの一せ。





XVLBI-ANT

XMGA

XLGA

太陽センサ

太陽電池パネル

搭載カメラ

分離カメラ

セイル

相対回転バー

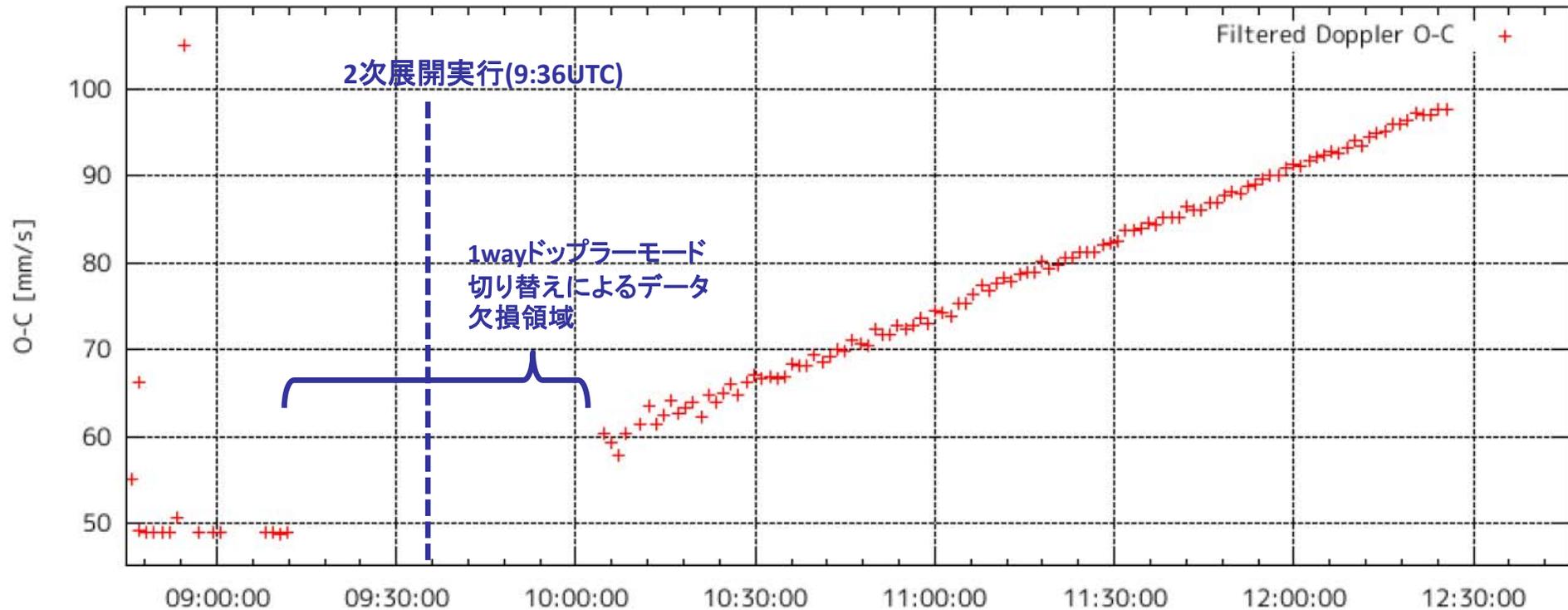
スラスタ

6/13のJAXA相模原衛星管制センター



6/9(水) IKAROS 展開成功, 6/13(日) はやぶさ帰還
あかつきも金星へ向けて順調に飛行

2way ドップラーデータ

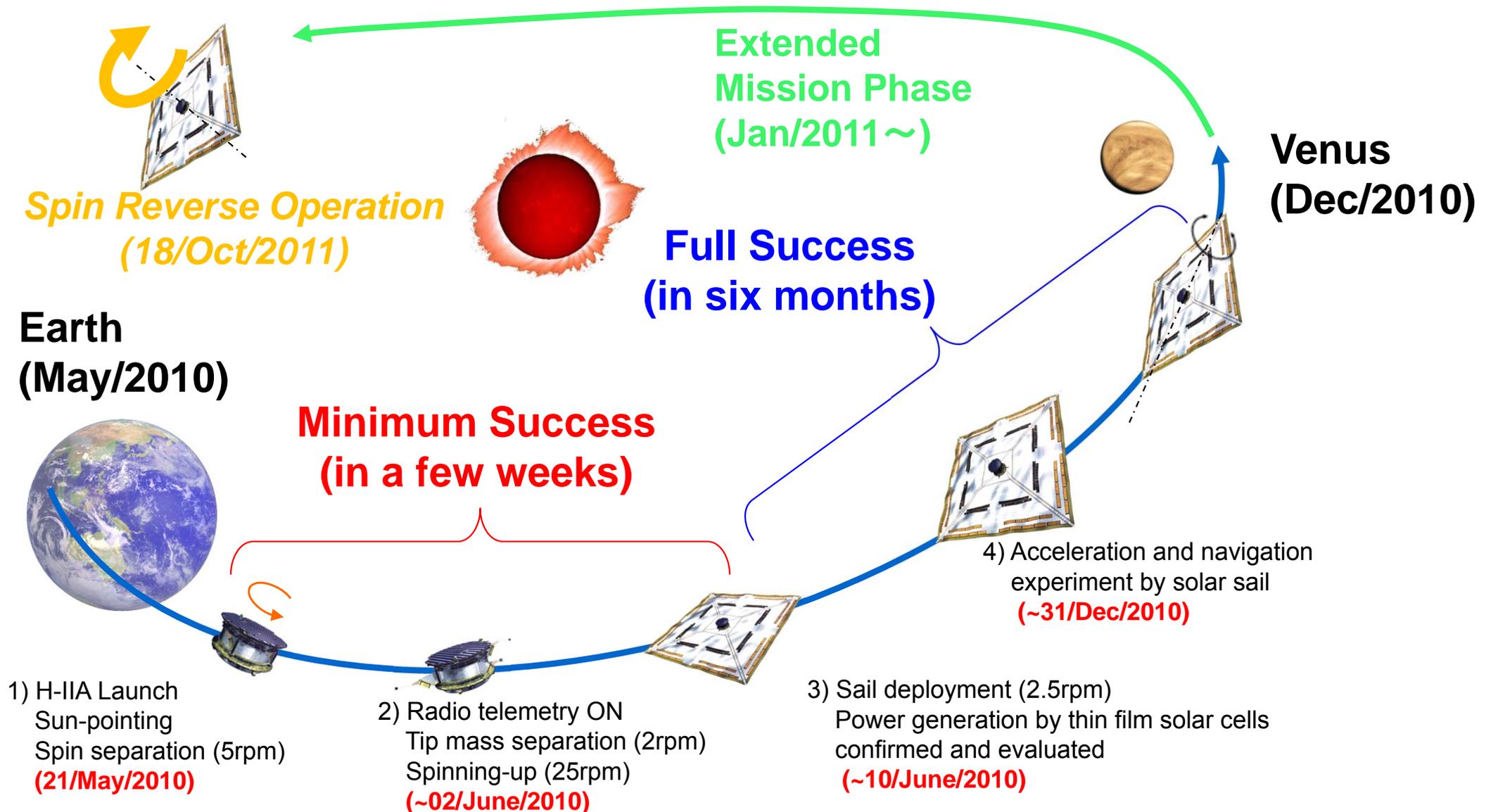


6月9日, セイル(帆)に1.12mNの力を受けて, 加速を開始.

2010年6月14日 DCAM2(分離カメラ)分離



Mission Sequence

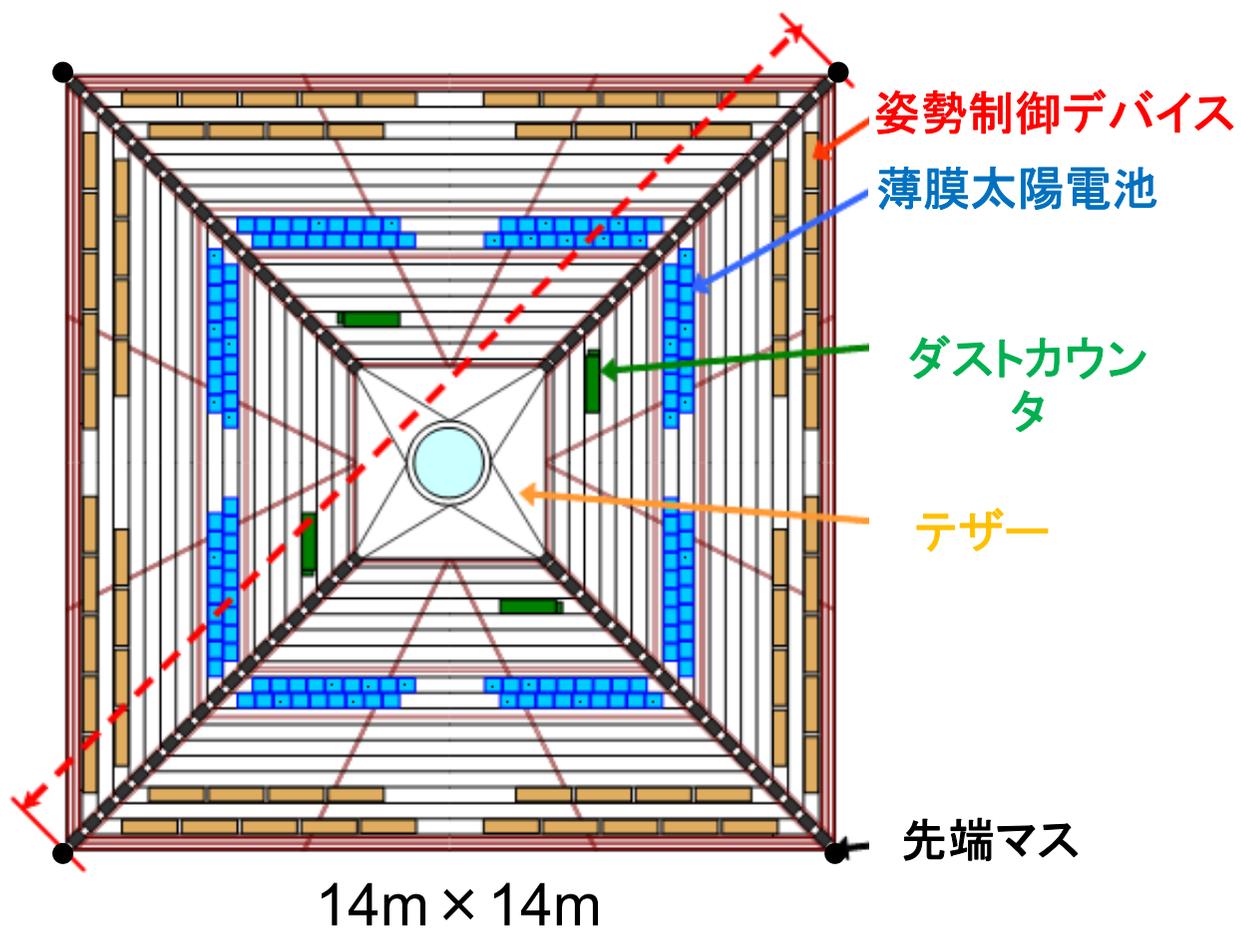
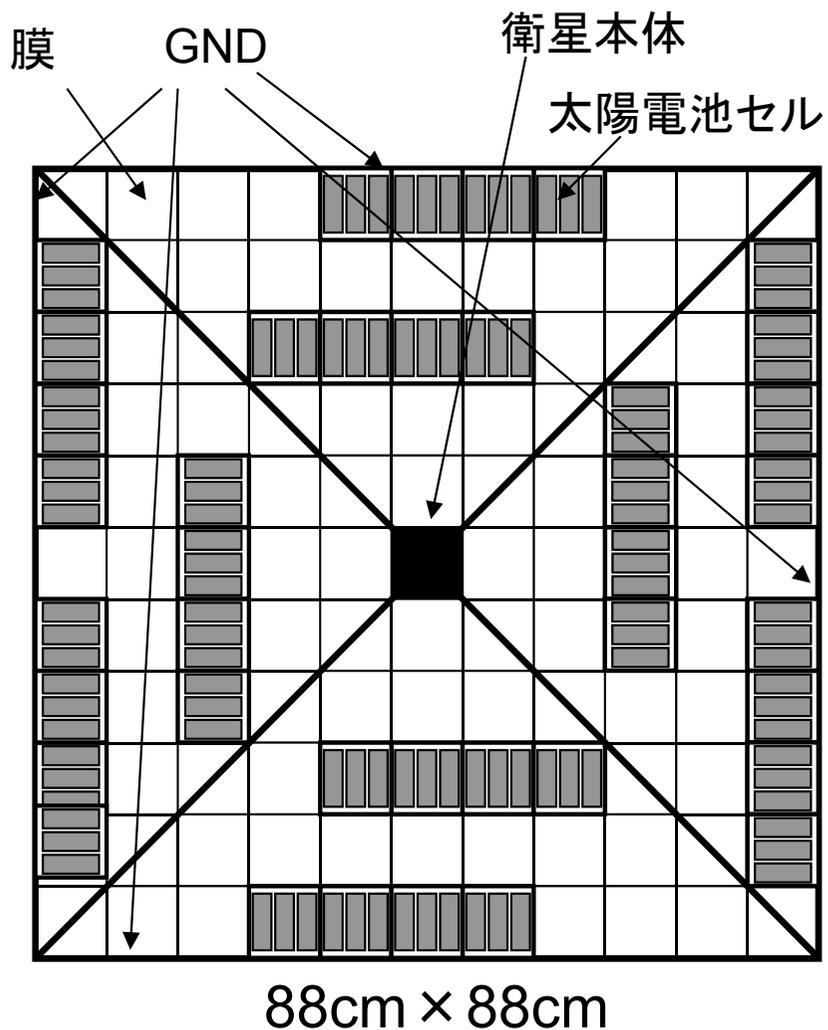
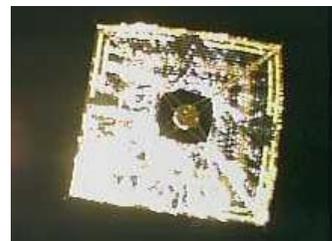
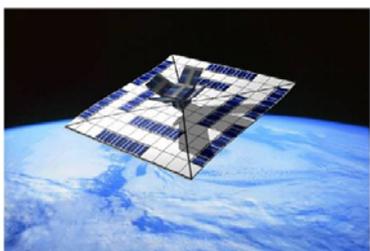


2012/9/6 反太陽姿勢のため冬眠状態で行方が確認できなかったIKAROSの電波を発見，冬眠から復活したことを確認しました。

ちなみに，IKAROSの電波発見の手法は，はやぶさの行方不明探索の手法を応用したものです。

ちなみに，はやぶさもIKAROSも，その発見のための探索ソフトウェアはUNISEC出身者が作成しています。

大切にしていたコンセプトが、10年を経て実りました



衛星設計者(ミッションデザイナー)としての10年, これからの10年

CubeSat

インパクト:世界最小の人工衛星を、大学の一研究室で打ち上げた。

波及効果:いまや世界中の大学、民間企業がCubeSatというカテゴリーで開発、商業活動を展開している。日本からも、すでに10基以上が打ち上がっている。超小型衛星をキーワードに、国の支援が強化。

マスメディア:取材多数、書籍「上がれ、空き缶衛星」「キューブサット物語」

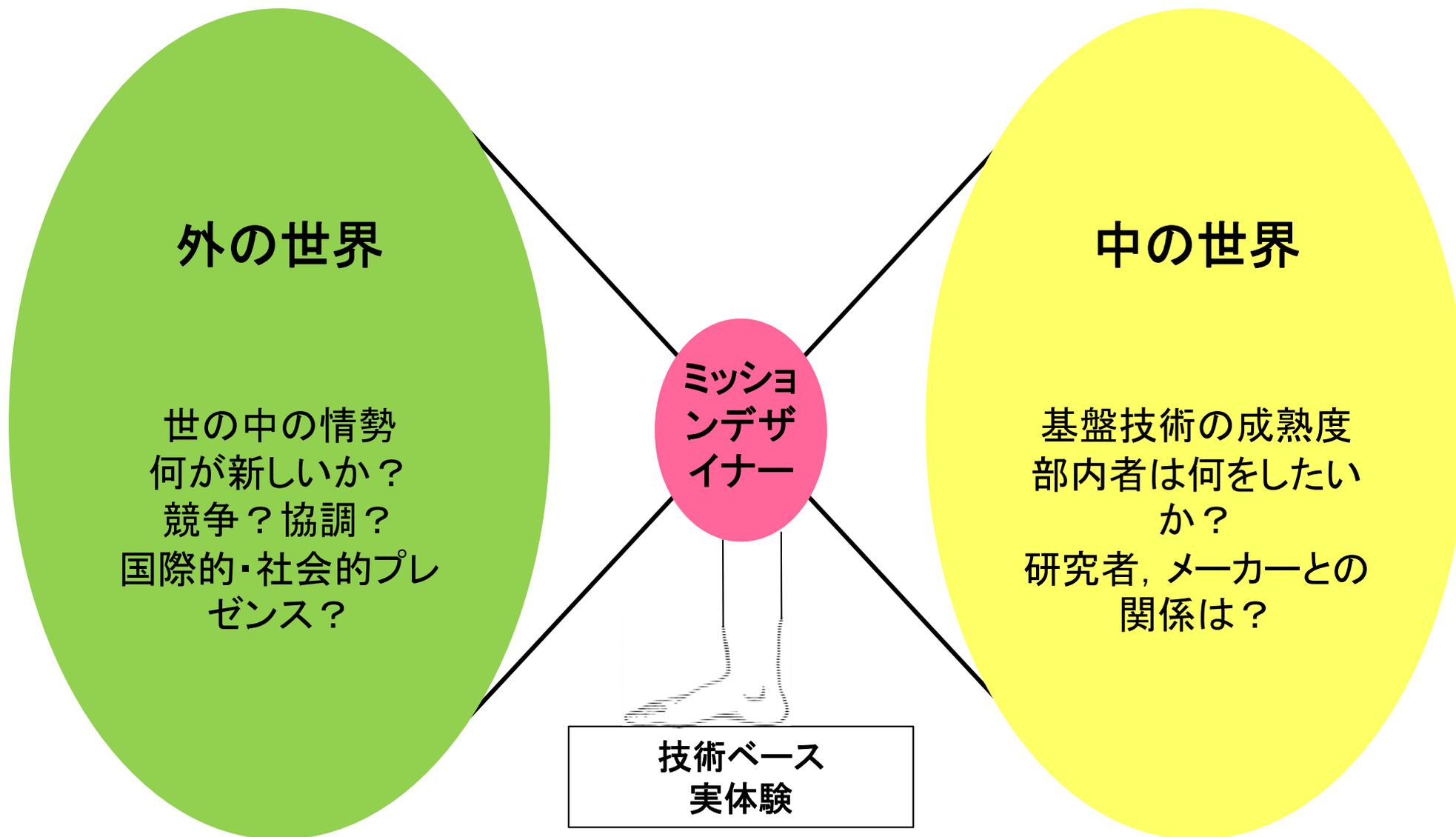
IKAROS

インパクト:人類100年来の夢が実現。深宇宙をソーラーセイリングする世界初の宇宙帆船。米欧露の同様の研究に先んじた意義は大きい。

波及効果:これから！

マスメディア:特に海外からの注目が高いのが特徴。TV, ラジオ, 雑誌取材多数。

CubeSatにより超小型衛星の世界が開け、人工衛星の敷居を下げることができました。IKAROSにより、新しい宇宙探査の世界を拓きました。みんな、我々のCubeSat, 我々のIKAROSをベースに、物事を考え始めています。これが、ミッションデザイナーの醍醐味です。



外を驚かせ、中を喜ばせ、(自分が楽しむ)という仕事.

自分が楽しむ。

金星

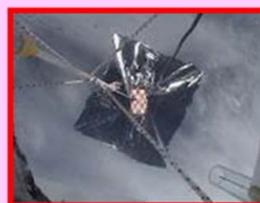
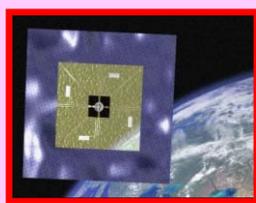
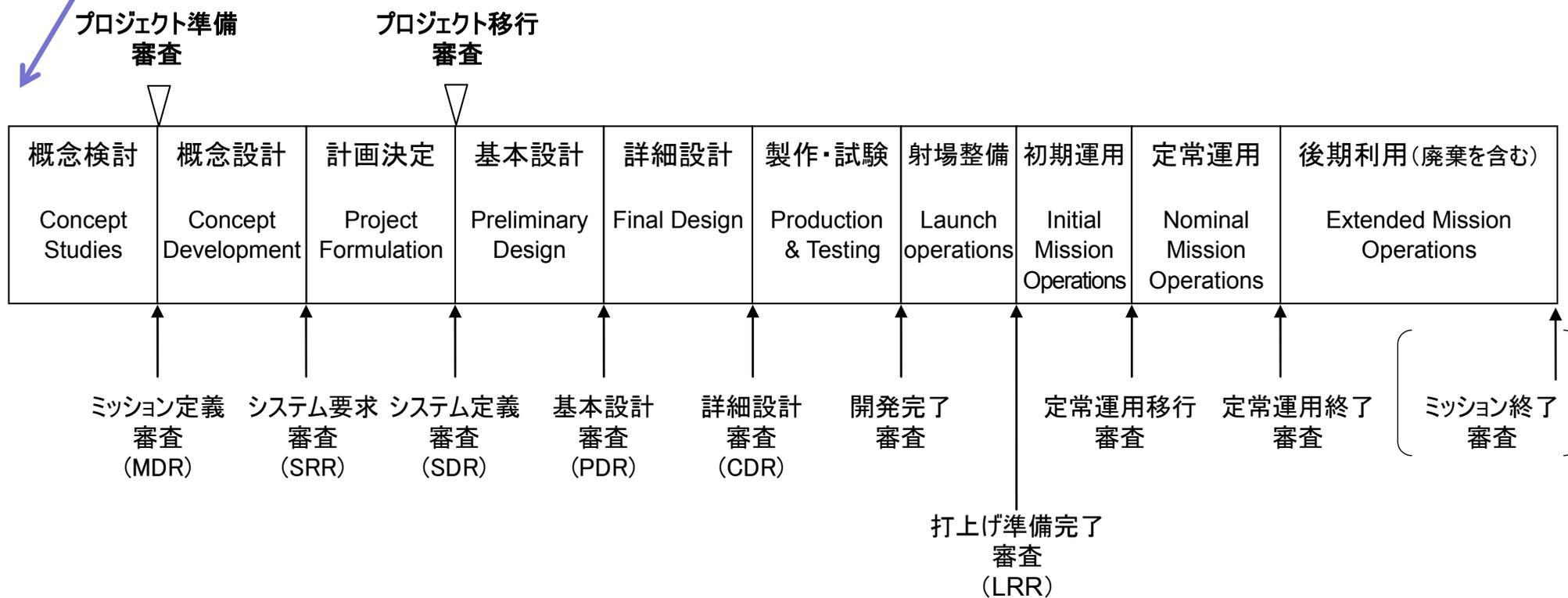


人工衛星開発のステップ(JAXAの場合)



いくら標準手順を踏んでも、ミッション目標は達成できません。

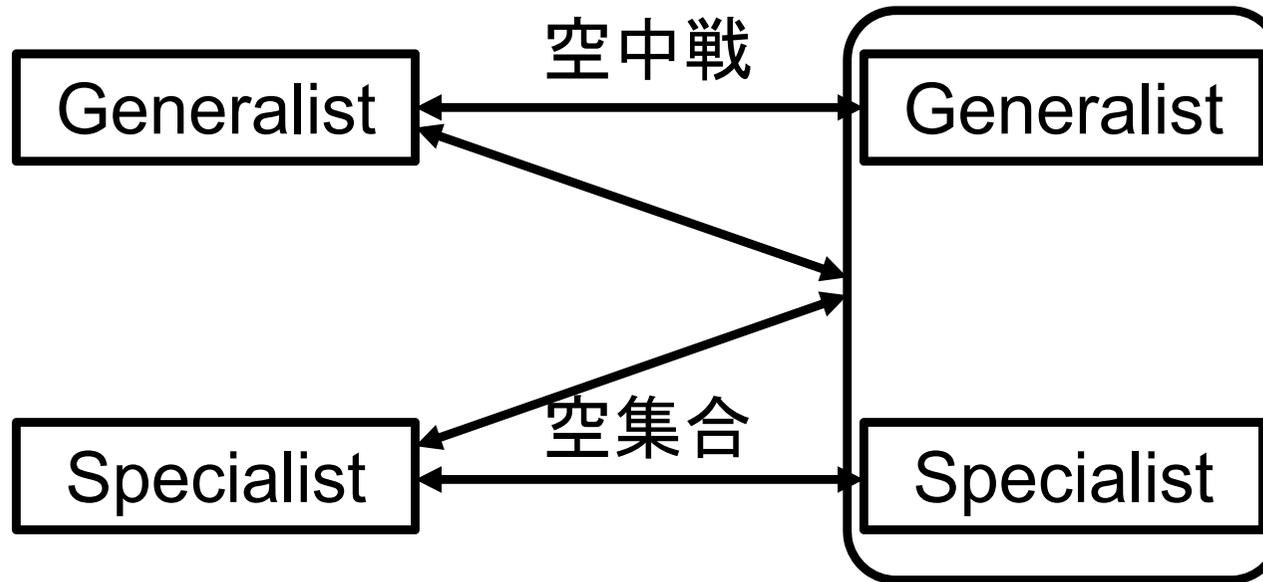
重要なのはここです！



- **見通しの良いチーム作り. 即断即決ができるチーム作り**
 - 組織をコンパクトに保つこと.
 - 組織をフラットにすること.→ 誰でもいつでも意見が言える雰囲気. 良いことは良いと言える組織作り. ひとつのことを複数の目で見られる組織作り.
- **実力を正しく使う, 引き出す**
 - モノに直結した組織作り. 管理Onlyの役割は作らない. 誰もが何かのSpecialist.
 - 背伸びをしていい時期, してはいけない時期を, ハッキリ見極める.
- **属人性を認めた開発**
 - 「誰々でなければできない」という箇所があることを認めることで, 実質的な急所を押えたマネジメント.
 - しかし, 設計・製造の「再現性」「一貫性」はしっかり押さえる. そのためのマネジメント・エンジニアリングの基本は怠らない.

この3つの要素が, *Motivation-Driven*のチームを生み出す!

- **小型衛星開発における経験, 知見の共有の場**
 - “ほどよい”信頼性で生き残る衛星を作るには, オープンな人工衛星設計・開発の共有の場が重要.
- **ミッションのアイデア送付, シナジー発現の場**
 - UNISECメンバーにはエンジニア指向が多い. エンジニアは作ることに無上の快感を感じるが, 本当は「何を」作るかもとても重要. 自己満足だけのミッションは, 外の世界への波及効果がない.
 - 新しいミッションの創出, 個人・個団体の能力を超えたミッションの実現には, 異文化コミュニケーションが決定的に重要.
- **技術的な勘所のわかる人材, 話の分かる人材の育成**
 - 少人数・短期集中型のプロジェクトを経験すると, 誰もが何かのSpecialistになる. かつGeneralistの視点も持てる. 全体の分かるSpecialist同士の交流の場. コネクション作りの場.
 - ミッションデザインのできるSpecialistの育成.



- Specialistの要素を持つGeneralistは、
- 専門外の分野の深みを想像できる。
 - 理想論に陥らない。

■はやぶさ運用

- ・運用スーパーバイザーとして多数参画しています。
- ・はやぶさのタッチダウン運用や、行方不明探索・発見に貢献しています。

■IKAROS開発

- ・セイル展開の基礎研究，開発はUNISECメンバー主体でした。
- ・IKAROS開発・運用チームの主要な役割をUNISECメンバーが担当しています。
- ・JAXA外との協力関係においても，UNISEC所属大学が強力な役割を担っています。

■M-Vロケットサブペイロード

- ・M-V6号機(すざく)，7号機(ひので)，8号機(あかり)において，合計6基のサブペイロードが打ち上げられました。そのうち4基がUNISEC所属チーム，出身メンバーの開発品です。
- ・インターフェース窓口もUNISEC出身でした。

■はやぶさ2

- ・全システムの技術とりまとめ，サブシステム開発チームの多くで，UNISECメンバーが主担当です。

わたしの今の仕事のスタイルの大切な部分は，大学時代・UNISEC黎明期の出会いが出発点です。

ミッション
構造

熱・制御

ミッション
エレキ

リーダー
ミッション系/
推進系

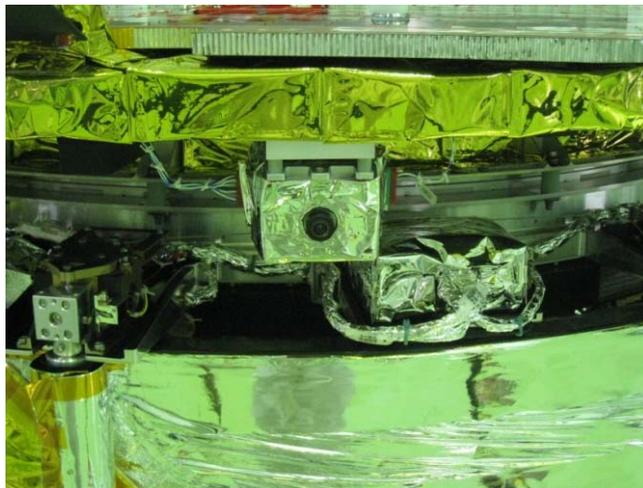
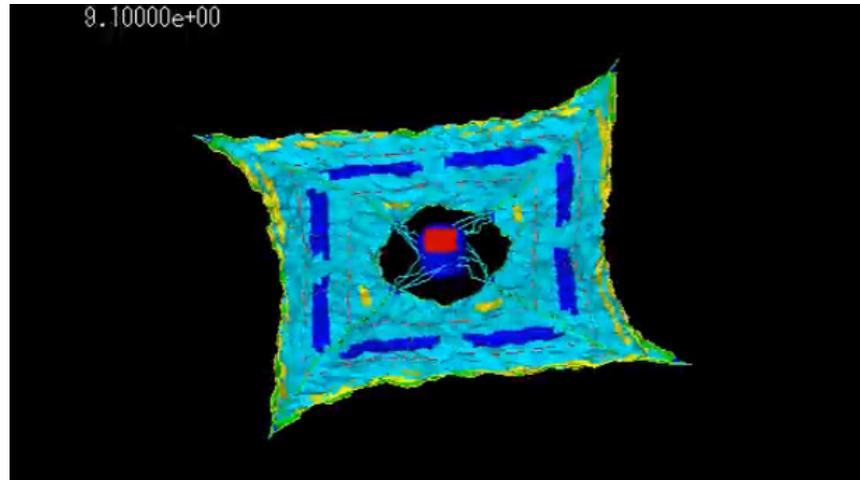
サブリーダー
軌道・制御・通信



IKAROSに参加したUNISECメンバー

日本大学 宮崎研究室, 東京工業大学 松永研究室
東工大動設計学研究室(坂本先生)

セイルダイナミクス
解析



オンボードカメラ
CAM-H

東京理科大学 木村研究室



分離カメラ
DCAM

東京工業大学松永研究室
東京理科大木村研究室

M-Vサブペイロードに参加したUNISECメンバー



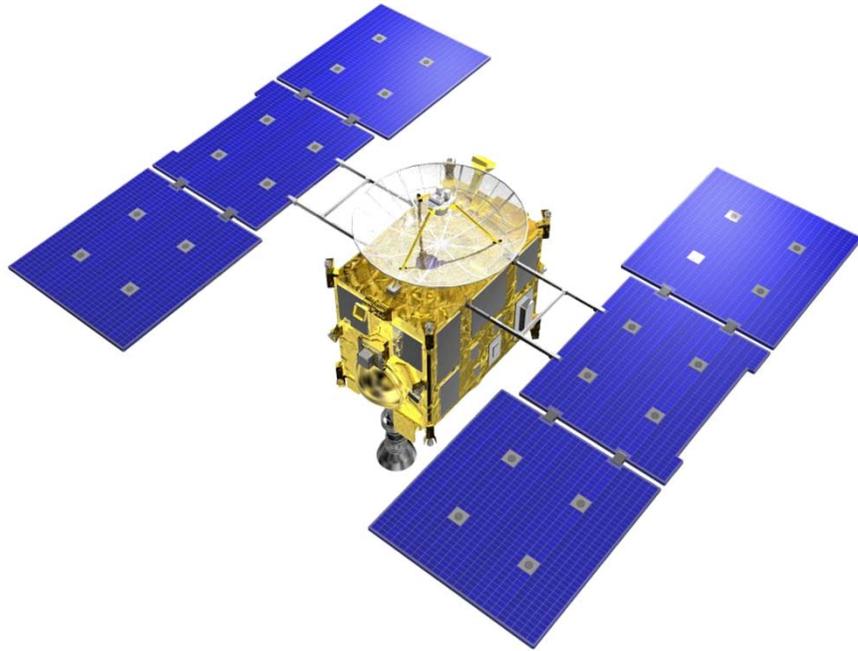
サブペイロード

【M-V-6】 ASTRO-E2 「すざく」 2005/7/6打上	
RAMS (Residual Acceleration Measurement) 【非分離】	ISAS/JAXA, 第3段残留推力計測
TSD (Titech Small Sat Separation Demonstration) 【非分離】	東京工業大学 , 小型衛星分離機構実験
【M-V-8】 ASTRO-F 「あかり」 2006/2/22打上	
SSP (Solarsail controlled deployment SubPayload) 【非分離】	ISAS/JAXA, ソーラーセイル展開実験
CUTE1.7+APD (Titech nanosatellite) 【分離】	東京工業大学 , 超小型衛星
【M-V-7】 SOLAR-B 「ひので」 2006/9/23打上	
HIT-SAT (Hokkaido Space Union nanosatellite) 【分離】	北海道工業大学 , 北海道大学, 超小型衛星
SSSAT (Solar power sail demonstration satellite) 【分離】	ISAS/JAXA , ソーラー電力セイル実証超小型衛星

ありません. 同じです.

- 規模が違ってても, 組織が違ってても, 基本は同じです.
- だからこそ, 小さくてもプロジェクト全体を一通り経験することが, 絶対的な武器になる.
- 大きな衛星に違いがあるとすれば, あらゆることへの説明責任にまつわる業務. これらに翻弄されず, ミッションの成功を期す開発作業を堅守するのは, ものをつくった「経験」です.

*超小型衛星の技術, 経験は, 超小型衛星に留まるもの
では決してありません.*



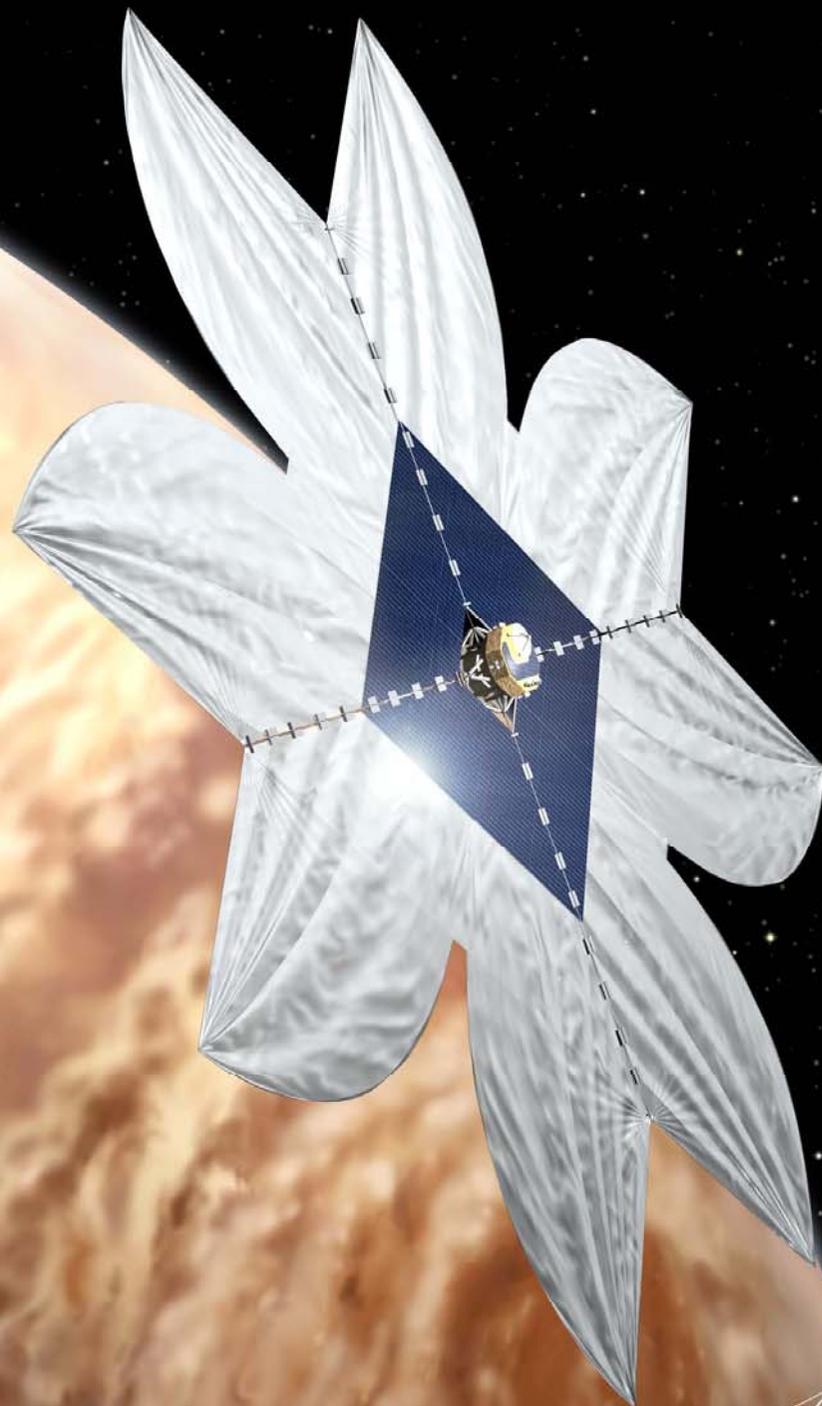
「はやぶさ」



「はやぶさ2」

重さが90kgアップ。(機器が増え, 機器の中身も最新化, 高信頼化)
本体の高さが15cm大きくなった。
イオンエンジンの推力が15%アップ。
ハイゲインアンテナが2つになり, 高速通信化。
衝突機, 近赤外分光計, 中間赤外カメラを搭載。

次の10年も、
創造性のあるミッション、
想像力を掻き立てるミッションを
つくっていきましょう。



S. Sasaki

ありがとうございました.