

Wish it, Dream it, Do it
— 宇宙開発利用を支える宇宙科学 —

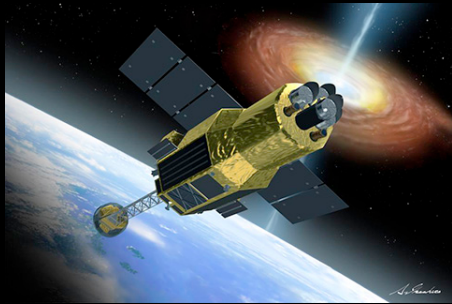
宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所

藤井 孝藏

平成22年6月13日 オーストラリアの砂漠に

掲載不可

そもそも宇宙科学って？



<http://b612.jspec.jaxa.jp/hayabusa2/gallery.html>



http://www.ir.isas.jaxa.jp/SPICA/SPICA_HP/challenge.html



<http://b612.jspec.jaxa.jp/hayabusa2/gallery.html>

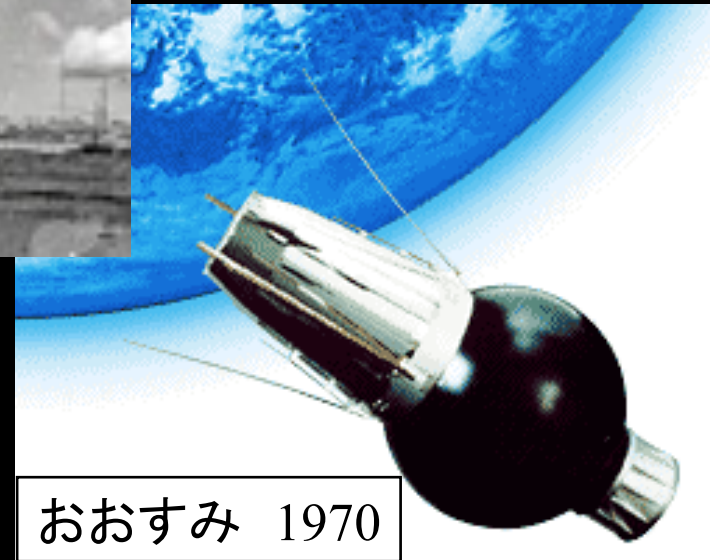
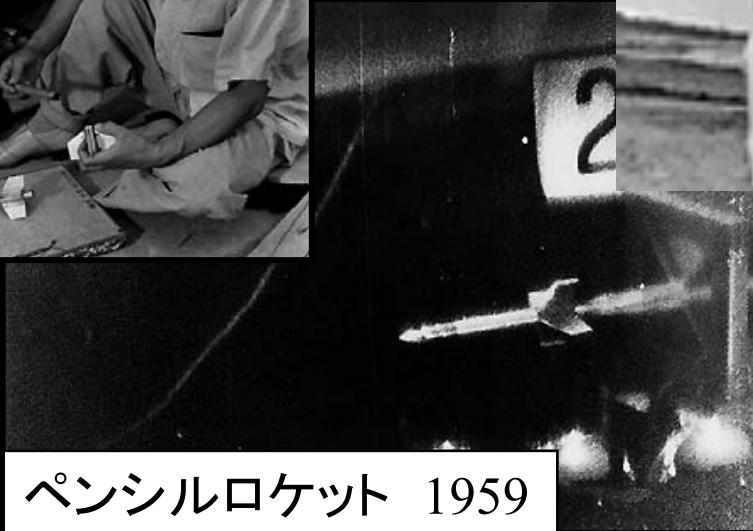
“宇宙科学”

科学衛星や探査機を利用した天文学や宇宙物理学？

宇宙科学は宇宙開発利用を先導してきた



ペンシルロケット 1959

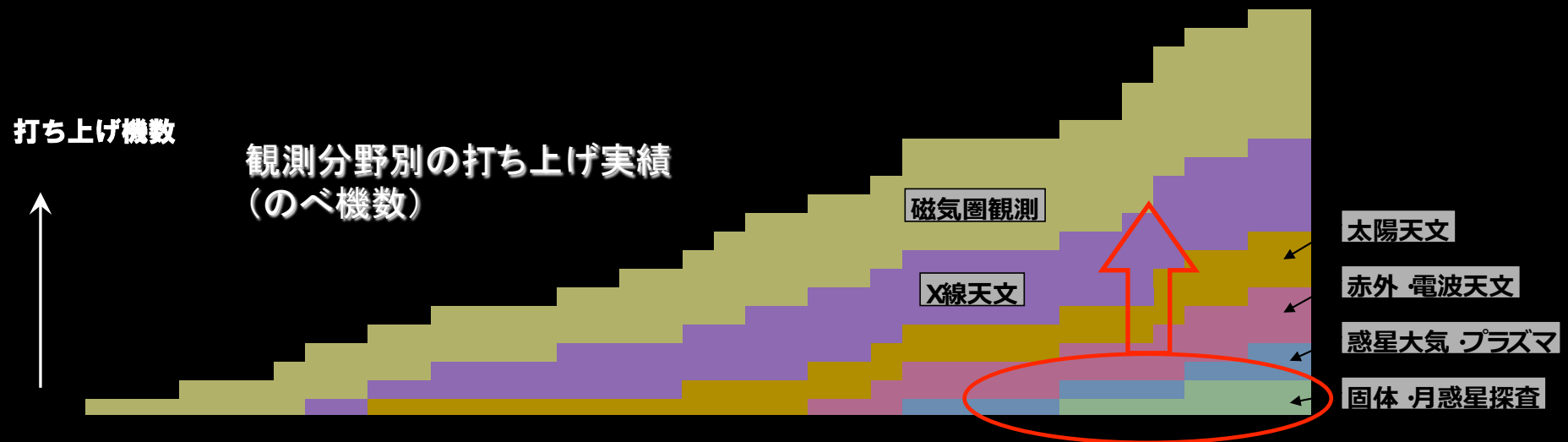


おおすみ 1970

宇宙研は1959年にペンシルロケットの飛翔により日本の宇宙開発への第一歩を踏み出し、続いて1970年に日本初の人工衛星「おおすみ」を打ち上げた。1980年に宇宙科学研究所として東京大学から分離、さらに2003年には宇宙3機関統合により、(独)宇宙航空研究開発機構内の一組織になった。

教育職150名，一般職100名程度の組織で、学術組織の形態を維持しながら**ボトムアップ**による宇宙科学を推進している。

宇宙科学の変遷：科学衛星・探査機の対象は時々に変化



ボトムアップ = 大学共同利用システムによる大学との協同

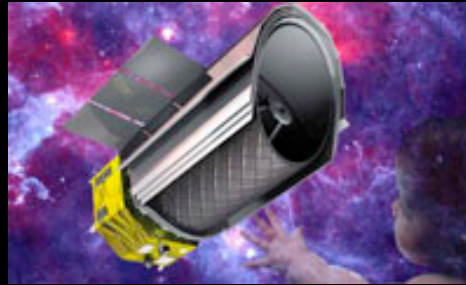
- 科学観測対象は厳しい競争の中で宇宙科学研究者コミュニティが選抜。衛星/探査機の開発もJAXAのみで行われるのではなく、大学との連携で進められる。
- 宇宙研は(ロケット,)科学衛星, 探査機の開発拠点として位置づけられている。

新しい分野を生み出し続ける面白さと難しさ

そもそも宇宙科学って？



<http://b612.jspec.jaxa.jp/hayabusa2/gallery.html>



http://www.ir.isas.jaxa.jp/SPICA/SPICA_HP/challenge.html



<http://b612.jspec.jaxa.jp/hayabusa2/gallery.html>

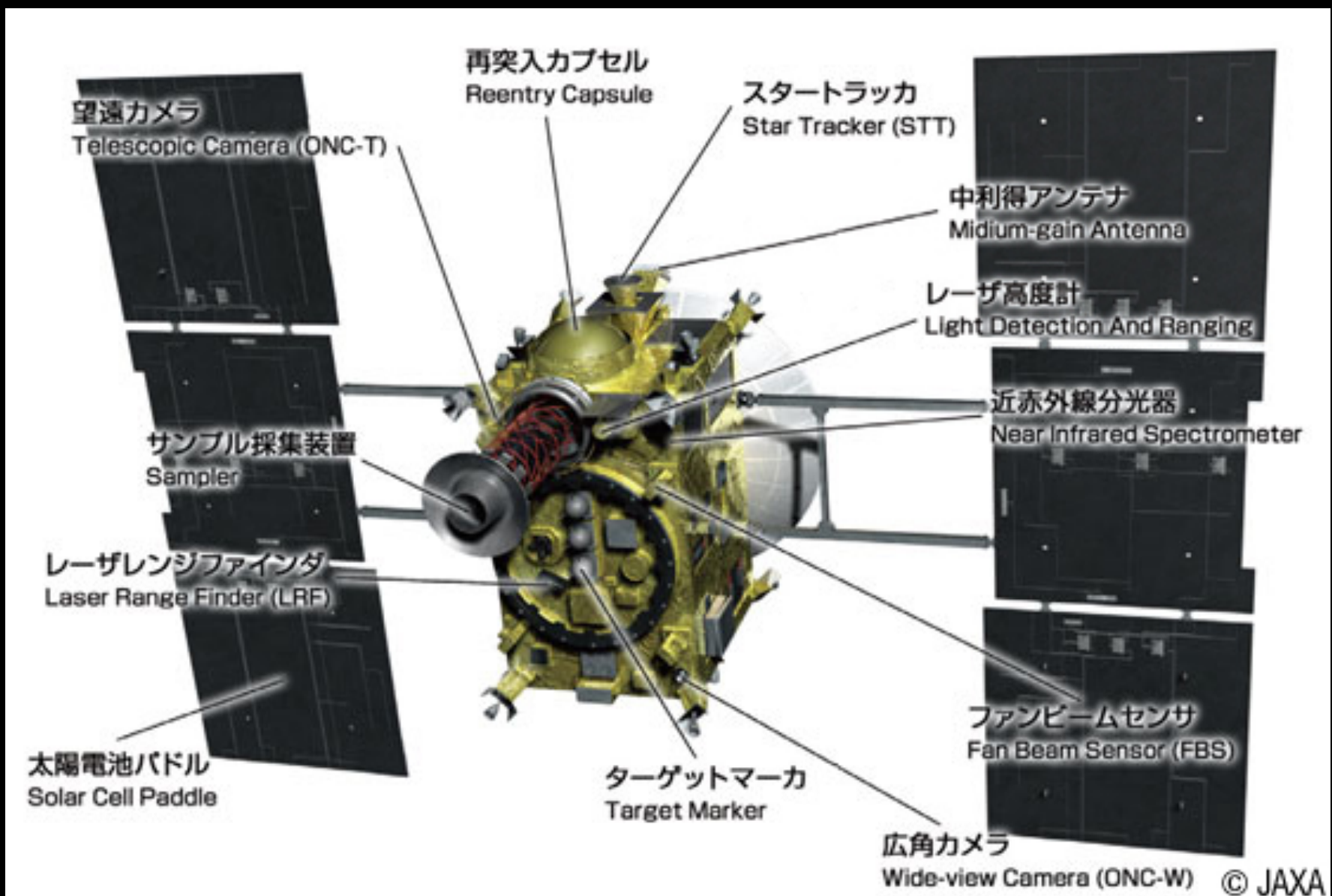
宇宙科学：宇宙理学および宇宙工学の学理とその応用に関する研究

宇宙科学

ロケット → 科学衛星 → 探査機 → ？

- ときどきの時代の要請からダイナミックにその主な対象を変化させる

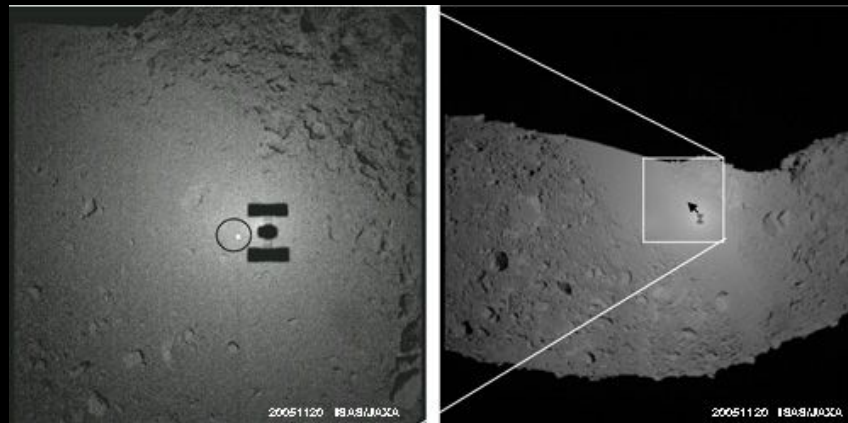
ご存じ、探査機「はやぶさ」



はやぶさ：の隠れた技術例

小惑星の表面はどんな物質かわからないが、確実にサンプルが採れること

重力のない場でのターゲットマーカ

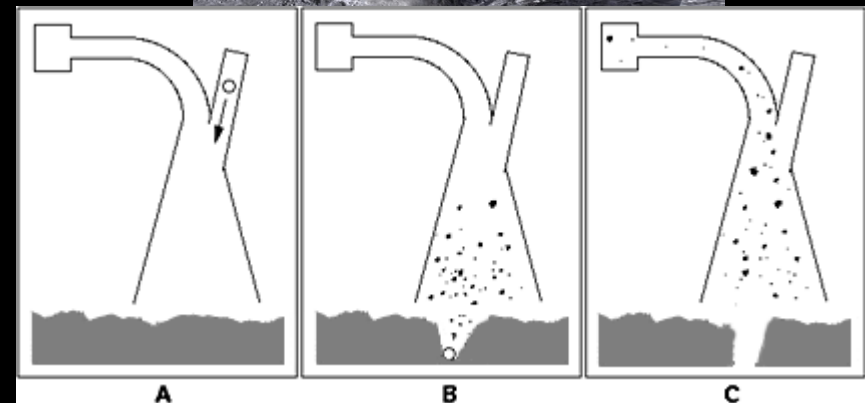


重力のない場を想像する



「お手玉」

サンプル採取



とりもち、弾丸 + サンプラーホーン

「はやぶさ」からサイエンスの魅力を考える

単なる科学ミッションを越えて社会現象に

▶ はやぶさが国民的な喝采を受けた理由は？

- ・ 世界初の小惑星サンプルリターン
- ・ 惑星探査では初級者の日本が実現
- ・ 未知との遭遇への期待感
- ・ 乗り越えた数々の試練
- ・ 散り際の美しさ
- ・ 擬人化された探査機

▶ 「フロンティア」科学の視点で再整理すると

キーワードは： 夢, 挑戦, 冒険, 極限環境, 先端技術,

高い技術力に支えられた困難への挑戦, リスクをとる覚悟, 難しい状況での優れた判断,

「はやぶさ」3つの娯楽映画

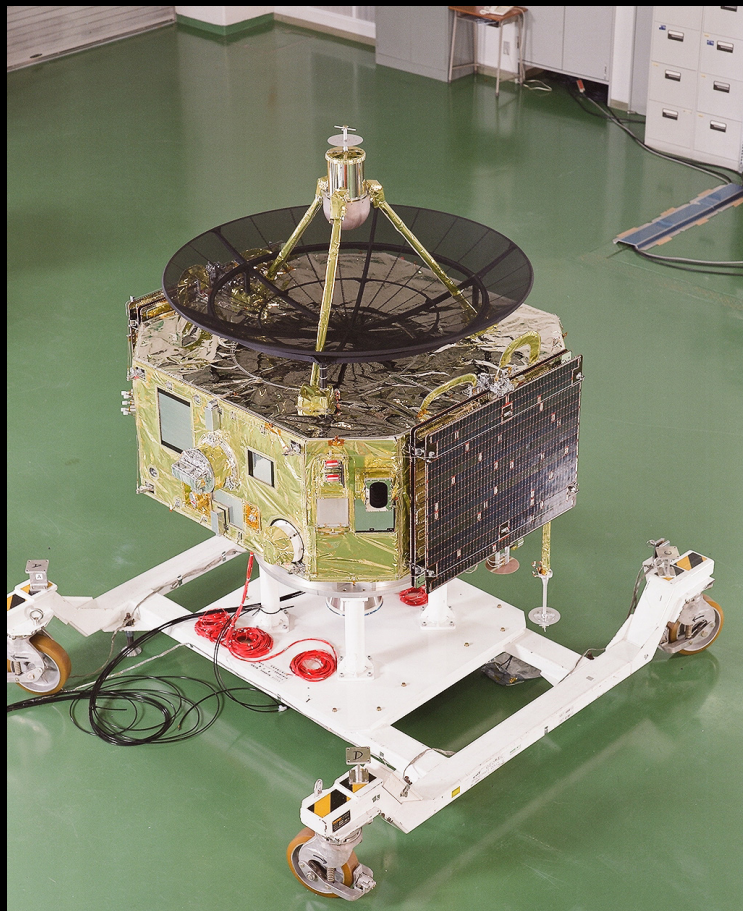
掲載不可

各映画会社ウェブサイトなどより拝借

宇宙科学：フロンティアに挑戦する際の課題

- 高い費用にもかかわらず存在する高いリスク
 - ・ 一発勝負のものづくり＝One “strike”, and you are “out”.
- 国民の理解と支援
 - ・ 小惑星探査機「はやぶさ」と火星探査機「のぞみ」の違いは？
- 若手育成と知識の伝承の必要性和展望
 - ・ 例えば、イカロスのような小型技術実証プロジェクト

2つの探査機



はやぶさ：のぞみとの違いは紙一重



2003年5月9日打ち上げ **MUSES-C (M-V-5)**

2004.05 パワー地球スイングバイ

2005.09 イトカワに到着

2005.10 2基目のホイール故障

2005.11 第2回タッチダウン

燃料もれによる姿勢喪失, ホイール故障

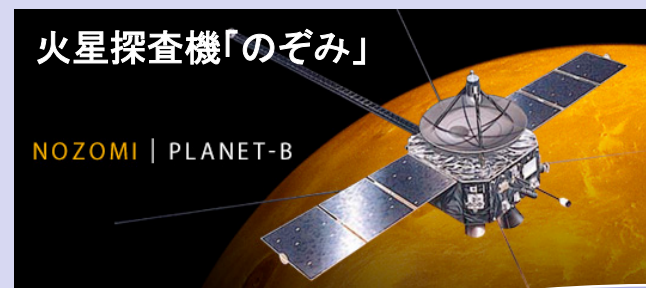
2005.12 通信喪失

2006.01 地上局間の通信回復

帰還を3年延期し, 2010年6月帰還予定に変更

2009.11 イオンエンジン異常

2010.06 地球帰還, カプセル回収



1998年7月4日打ち上げ

1998.8 月スイングバイ

1998.12 地球スイングバイ

**スラスタバルブ不良
飛翔コース変更**

新たな軌道の模索

2002.4.22 最大規模の太陽フレア

→ **通信系・熱制御系に不具合**

2003.12 共通電源系回復断念, 火星周回軌道への衝突を避けるための軌道変更コマンド

2003.12 火星重力圏を脱して太陽軌道の人工衛星に

逆流抑止バルブ
(事故報告による対策)

軽量化の工夫として
の共通電源系

火星到着を1999.10から
2004.1に変更

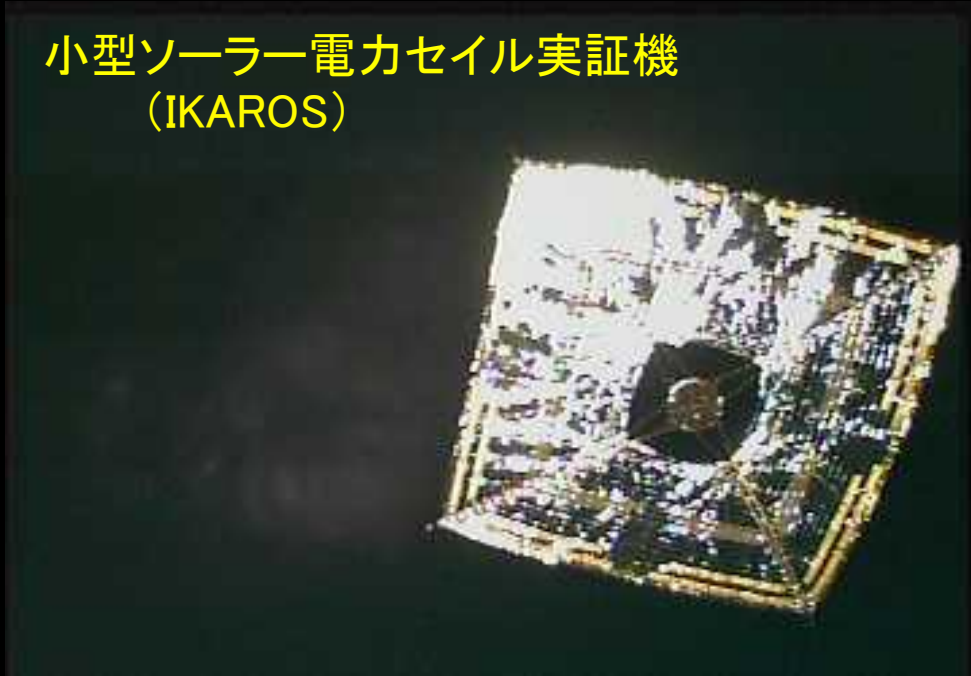
予算、人員の制限：工学試験、科学観測という探査機2機構成は望めない。
重量：ぎりぎりを狙う
失敗へのリスク：複数分野の競争で成り立っているので、失敗すると次にチャンスはいつ来るかわからない。

➤ 「はやぶさ」への喝采を引き継ぐものは「はやぶさ2」だけ？

- 挑戦的な工学が求められているのではないか。
- はやぶさも提案時はリスクが高いという批判があった。
- 話題は大きな要素だが、それに大きく左右されずに、短期的でなく、長期的な活動への理解が本当の道を開く。

その先への挑戦

小型ソーラー電力セイル実証機
(IKAROS)



平成22年5月21日金星探査機「あかつき」
とともに打ち上げ

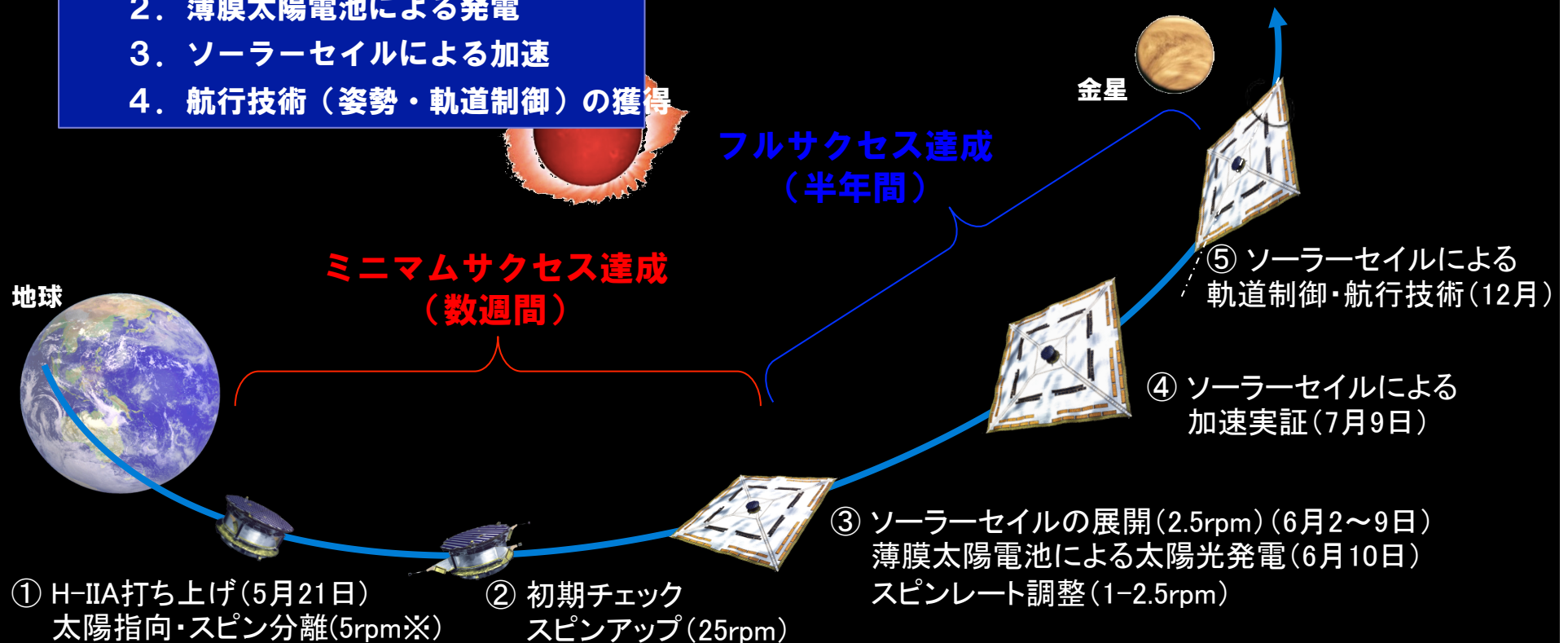
大型膜面の展開・展張（カメラ画像）

掲載不可

ミッション

IKAROSが成し遂げた4つの世界初

1. 帆を張り、維持すること
2. 薄膜太陽電池による発電
3. ソーラーセイルによる加速
4. 航行技術（姿勢・軌道制御）の獲得

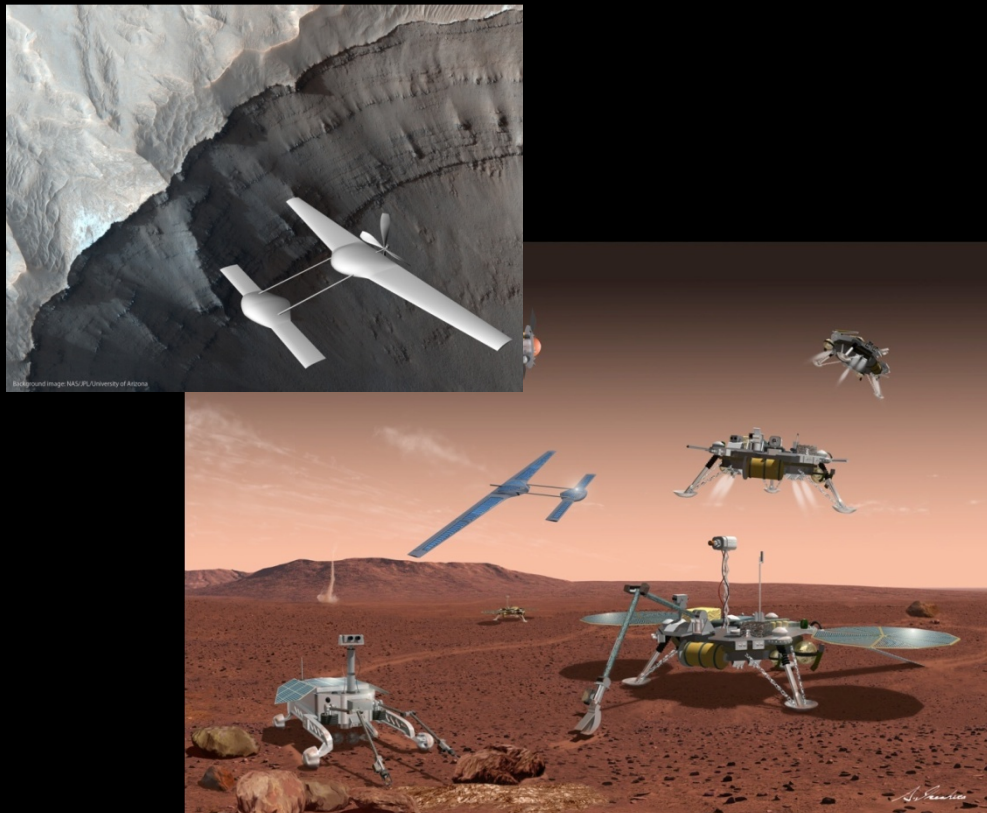


※rpm= rounds per minute

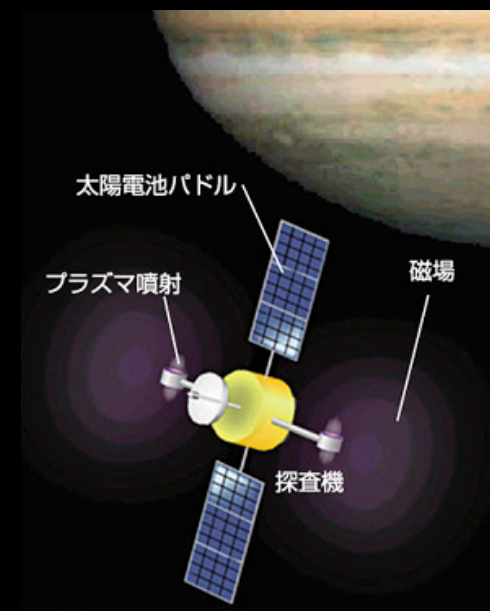
ミニмумサクセス相当：大型膜面の展開・展張，電力セイルによる発電
フルサクセス相当：ソーラーセイルによる加速実証・航行技術の獲得

それ以外の宇宙科学WG活動から

火星探査航空機WG



磁気プラズマセイルWG



火星に飛行機を飛ばすのは大変！

火星大気

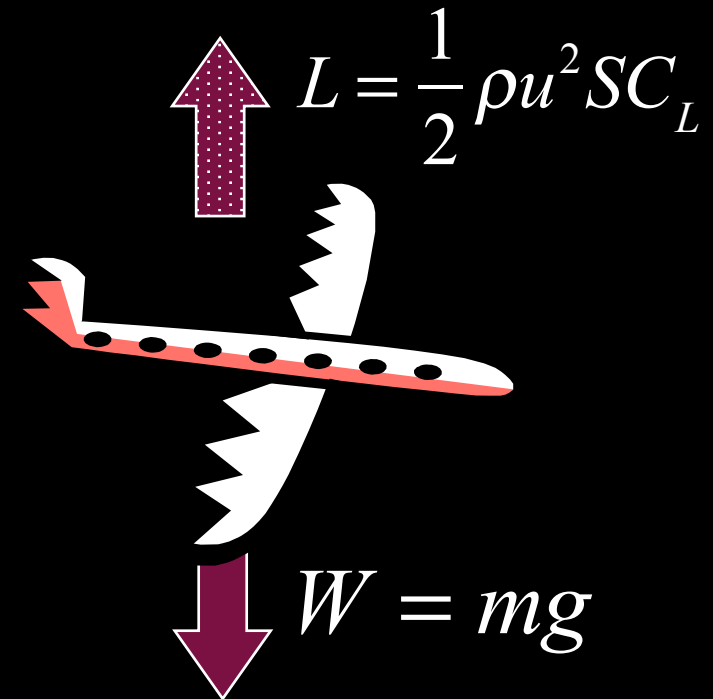
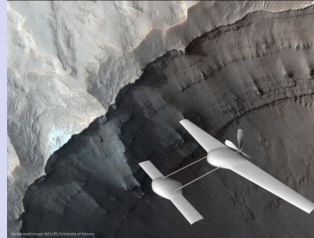
気体密度：地球の1/100

重力加速度：地球の1/3

音速：地球の2/3

気体種: CO₂

突風の存在：20m/s（ガスト）



機体重量を支える揚力が必要

揚力

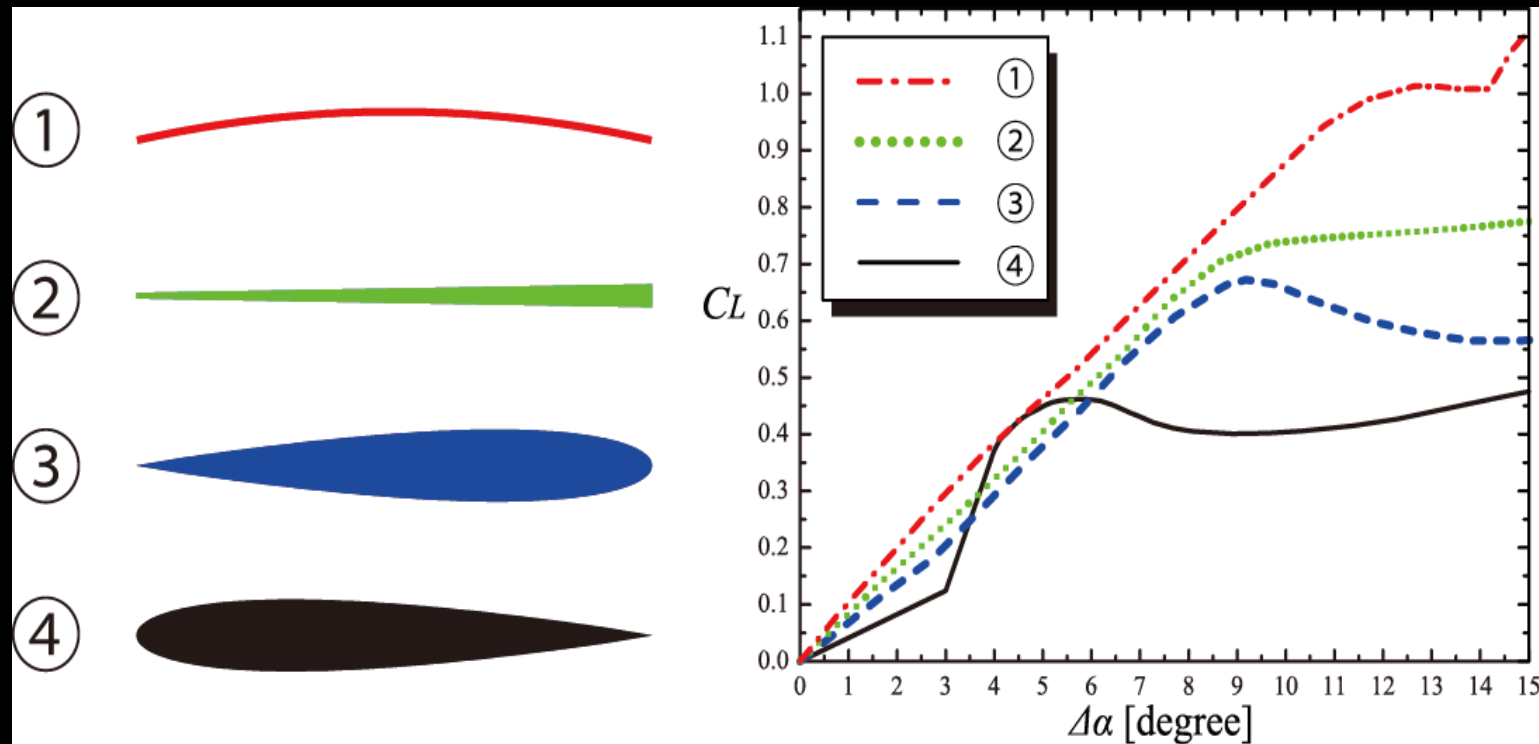
$$L = \frac{1}{2} \rho u^2 S C_L$$

ラジコン飛行機を火星で飛ばすためには

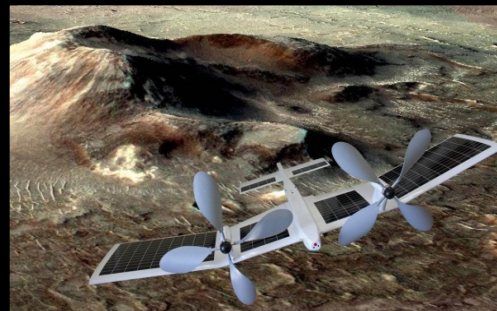
- ・離陸重量を50gに
- ・巡航速度を171m/s(M=0.66)に
- ・翼幅を46mに
- ・33倍の揚力係数をもつ翼形状を開発

加えて、低レイノルズ数流れという課題がある。

火星環境での優れた翼は予想外！



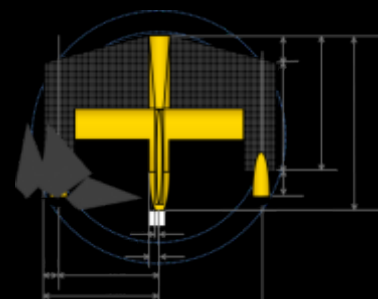
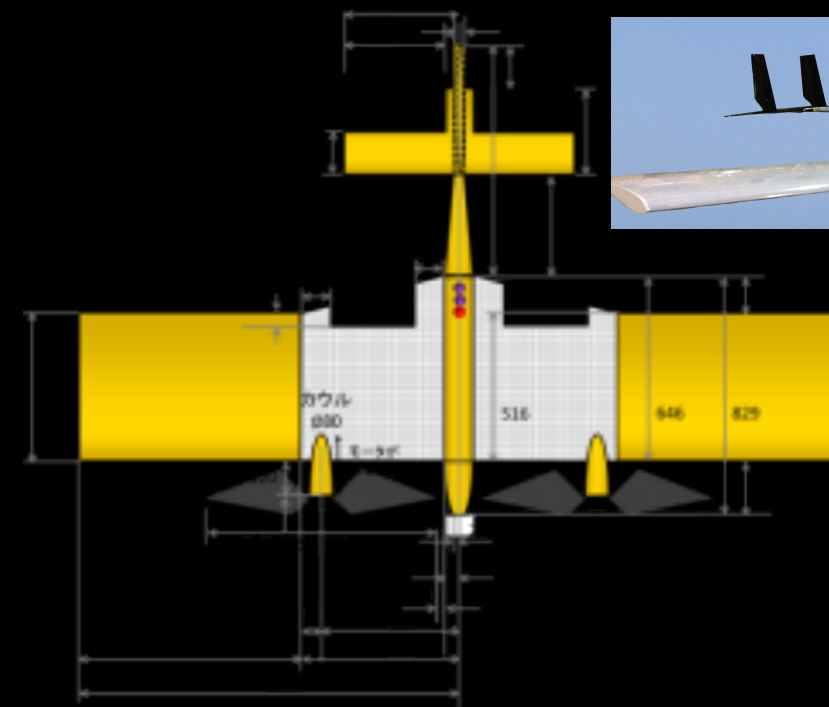
B.V. Laitone , Experiment : $Re=2.07 \times 10^4$ AIAA Journal, 1996



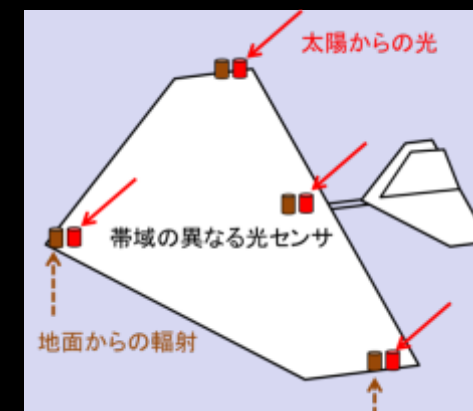
火星飛行機(気球実験機)の設計

【主翼構造の軽量化検討】

【機体設計】

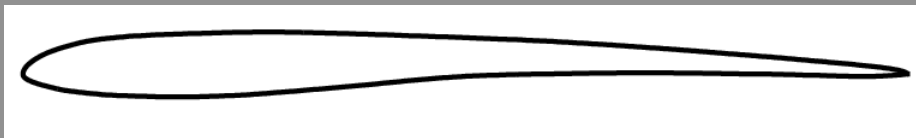


【航法誘導制御】



結局、翼の形は？

やまめ工房



<http://yamame-studio.com/about>

別の視点で：探査機は小さな巨大複雑系システム

- 社会にはたくさんの巨大複雑系システムがあり、人々の社会生活を支えている。
- このようなシステムには予めその境界を明確に定められないものも少なくない。
- また、実際の利用が境界を変化させたり、広げたりすることがあり、それがシステムの「破綻」につながる。
- 惑星探査機は、まさにこれが凝縮された小さなシステムである。



宇宙科学は、宇宙の人材育成の場であるとともに、どんな分野にも応用可能な工学的な考え方を学び、実践する素晴らしい場である。

ちょっと話題を変えて

進む宇宙利用 — まずはスペースツーリズムから

- 宇宙旅行に関わるビジネスが数年で大きく花開く。

Scott Hubbard (Stanford大学教授, 前NASA Ames R. C. 長官)

- Galactic Suites Project

宇宙ホテルを450kmの高度に打ち上げる。旅行者はカリブ海の島から宇宙船に乗り、宇宙ホテルに3日間滞在。ハイブリッドロケットエンジンで乗員2名、乗客4名。一人約5億円。運営は2013年から。(浴室が最大の挑戦)

Xavier Claramunt (建築家)



<http://www.galacticsuite.com/>

Seoul Digital Forum May 6-8, 2008
IMAGINATION Explore T.I.M.E. Space and Beyond

<http://www.seouldigitalforum.org/en/index.sdf>

宇宙の利用

- ▶ じわじわと生活に関わってきている(でもまだまだ理解不足)

「テレビで雲の動きが見られるのに何で気象衛星がいるんだ？」とNASA長官に質問した米国の政治家がいた.

William F. Ballhaus Jr.(元NASA Ames R. C. 長官)

- ▶ 急激に宇宙空間利用は進みつつある

今後20年の「想像や発明」はこれまでの100年を凌駕するペースで進むだろう.

Raymond Kurzweil (Inventor & Futurist)

掲載不可



掲載不可

Spaceship one
2004年9月29日

Spaceship two

すでに20回近い飛行試験

これからの宇宙科学

➤ 短期的な観点

- 大きな成果をあげてきた宇宙からの天文観測研究を継続しつつも，“宇宙利用の拡大と自律性の確保”という観点も含めて、今後は惑星探査（太陽系考古学，惑星形成論，生命進化論，比較惑星環境論，固体惑星内部論などなど）が大きく花開くだろう。
- まずは，イプシロンロケットの増強による惑星探査を可能とする軽量化，小型バス等の研究などが課題

➤ 長期的な観点

巨大化する宇宙望遠鏡	——→	大型化の流れを変える宇宙科学
修理の効かない衛星・探査機	——→	地上でできることを宇宙でも
チャレンジングな輸送系開発	——→	輸送系は衛星・探査機計画の牽引力
コストは一品もの，巨大な人件費	——→	情報技術，ソフトウェア技術の積極活用

革新的な低価格化，超小型化，高信頼性かは本当に難しいのか？

ペイロード（衛星・探査機）はロケットのほんの一部



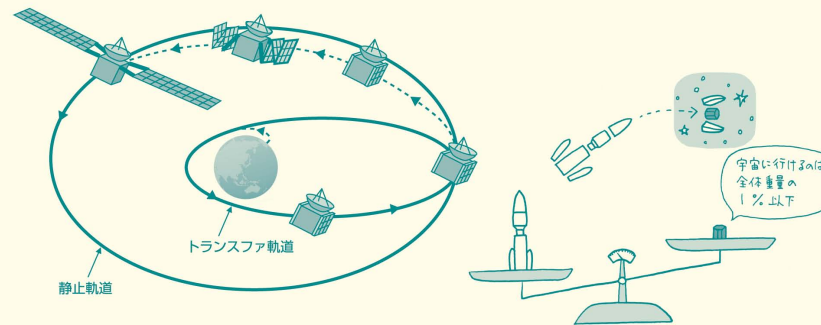
終わりに



- ▶ 宇宙科学は宇宙開発利用全体を先導
- ▶ これからは太陽系探査が面白い。リスクと期待感。
- ▶ 探査機は巨大複雑系システムの縮図
- ▶ 宇宙は近くて遠い。でも身近になるのはもうすぐそこ。
- ▶ コンピュータが世界を変えつつある。宇宙開発も同じ。
- ▶ 宇宙が当たり前で地球上が特別、そんな時代が来る。



興味があれば



絵でわかる

An Illustrated Guide to Space Technologies and behind Engineering

宇宙開発の技術

藤井孝藏・並木道義 著

Kozo Fujii

Michiyoshi Namiki



ロケット射場設計、スイングバイ、イオンエンジン、
火星探査航空機、ソーラー電力セイル、宇宙観光旅行、…

基礎研究から応用までまるごと解説

夢は技術で現実になる

講談社