

祝 探査ハブ10周年

探査ハブセミナー
2025年4月25日(金)
12:15～13:00

アジャイル思考で イノベーションを

二代目ハブ長 久保田 孝

31

7_{+0.5}

2.5+0.5+2.0

イノベーションとは？

≠「技術革新」

＜シュンペーターの提唱＞

物事の「新結合」「新機軸」「新しい切り口」
「新しい捉え方」「新しい活用法」を創造することにより、新たな価値を生み出し、
社会的に大きな変化を起こすこと

イノベーションとは？

斬新なアイデア，独創的なアプローチ，
組織の変革，既存リソースの転用や
新たな結合・利活用などにより，
従来にない価値を導きだし，
社会を大きく発展させる

JST イノベーションハブ構築事業

2015年に国立研究開発法人が誕生

科学技術イノベーション総合戦略2014の重点施策

- 国立研究開発法人の機能強化を支援
- グローバルな競争環境の中で優位性発揮
- 我が国の研究力・人材力強化の中核的拠点

提案書

アブストラクト締切：2015年3月 9日
 提案書締め切り：2015年3月23日
 面接：2015年4月29日

敬称略

提案書作成 U版 54ページ
 中村涼, 星野健, 久保田孝
 土井忍, 川崎一義, 國中均
 橋本樹明, 石井康夫
 降旗弘城, 大久保真也, ほか

新技術促進センタ
 塩満典子

(様式 B)

イノベーションハブ構築支援事業 提案書

1. 提案名称・提案者情報

ハブ名称	宇宙探査イノベーションハブ
概要	2020年代には、主要国は月・火星へと活動展開する計画を有し、宇宙利用の国際競争が激化する。宇宙探査を優位に牽引・協調するには、設計思想や技術開発方向の転換を図り、革新的技術を All-Japan 体制で獲得する必要がある。本提案では、「はやぶさ」等の技術の強みと合わせて、非連続かつ大胆な分散協調型的方式開発や先行地上技術の宇宙実装など、既存概念にとらわれないシステム改革を推進する。ロボティクス等のハイテク分野の革新を加速する波及効果も狙う。
キーワード	宇宙探査, ロボティクス, 分散協調, 再生型エネルギー

提案法人名		独立行政法人 宇宙航空研究開発機構
提案責任者	フリガナ	オクムラ ナオキ
	氏名	奥村 直樹
	部署	
	役職	理事長
	所在地	
	TEL	
事務担当者	フリガナ	フリハタ ヒロキ
	氏名	降旗 弘城
	部署	経営企画部企画課
	役職	主任
	所在地	
	TEL	
		Email

(様式 B) p.1

面接 (2015年4月29日)

イノベーションハブ構築支援事業ご提案

宇宙探査イノベーションハブ

平成27年4月29日

国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構

外部技術者研究者の招聘、フラット組織による自由闊達な知見交流

日:M-V 米:Delta-2

■ 新宇宙基本計画が策定され、月や火星等を含む重力大体系への無人機の着陸及び探査活動を目標として、総合的に検討することが明記された。

なければ、中国、インドにも追い抜かれ、後塵を拝することになる。

知識基盤・基礎的研究

宇宙空間
化学反応速度・効率・収率



探査機

40 m

30 m

20 m

10 m

1

3

5

コスト増と研究

かかる。
新規参加者にとっ
つながっていない

方向を調査する機
できていない。
競争し、切磋琢磨
しい。
来宇宙利用の
ていない。

億円規模のプロ

能性を持った未開
域と位置付け、

宇宙探査への参
与に磨かなければ、
国際的な発言
形成という国際社
招く。

実績がなく、他国に
計画を立ち上げ

図

ン
ダ
民

地上の
最先端技術
イノベーションに
よる地上技術の
新たな展開

ステーキ
ホルダ
〇〇業界
△△業界
■業界

ではのきらりと光
発言力をさらに

JAXAだけでなく
ことで探査技術

クラスの人材が
目指す。

分野の革新を

(従来からの関連機関)

東北大学 中央大学
明治大学 東京大学
NEC IA

(新たに連携が期待できる機

関) 應義塾大学 早稲田大学
大阪大学 大阪府立大学
産業技術総合研究所
海洋研究開発機構
エンルート 村田機械
ブルックマンテクノロジ
北陽電機 浜松ホトニクス
JPL MIT
OMU

探査ハブ採択通知

条件付き採択 宇宙探査イノベーションハブ 宇宙航空研究開発機構

冒頭奥村理事長から説明のあった従来の大企業との連携による宇宙開発ではなく、日本の産業全体で取り組むやり方に変えるという点は高く評価された。

一方、具体的な研究テーマは JAXA 主導のアイデアであり、真に産業界を巻き込んだものとなっていない。ハブの名称とともに、研究テーマ（計画）について、JST と練り直すこと。計画の改善が確認でき次第、採択とする。

(1) ハブの名称

「宇宙探査イノベーションハブ」

→ 「宇宙探査オープンイノベーションハブ」

(2) 研究テーマ

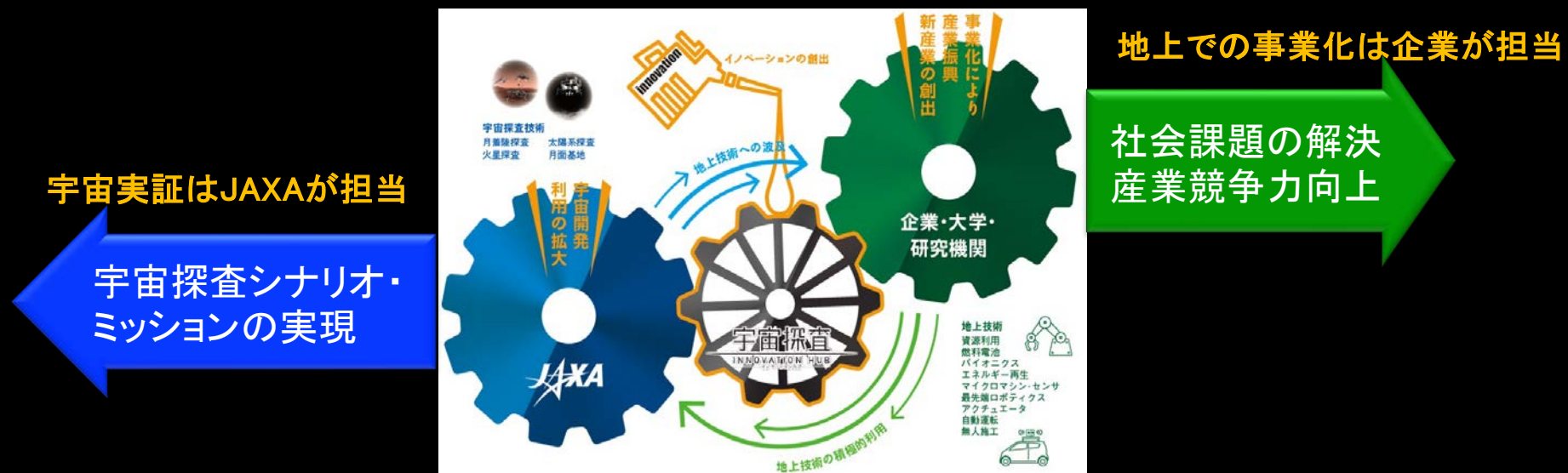
フォーラムを開催し、技術提案の意見交換およびRFIを発出する

宇宙探査イノベーションハブの理念

- ミッションの大型化・長期化・高コスト化などが大きな課題
- 重力天体探査では地上の技術と親和性が高い
- 敷居が高く、今まで宇宙に関わってこなかった企業の参画を推進

日本発の宇宙探査におけるGame Changing 技術を開発し、宇宙探査の在り方を変え、同時に地上技術に革命を起こす

JSTの支援を受け、2015年度よりスタート



せんみつとは？

「千三つ」

不動産業界では

「売買契約は1,000件に3件程度しか取れない」

新規事業の成功確率は千三つ

新規事業の1,000件応募があり

事業化フェーズに至るのは20件

黒字になるのは3件

成功する新規事業開発

1. Ideation : アイデアを考えるフェーズ
(Lean Canvas フレームワーク: 9要素)
2. CPF(Customer Problem Fit) : 顧客の課題
3. PSF(Problem Solution Fit) : 解決策の検証
4. PMF(Product Market Fit) : 適切なマーケット

<https://jp.linkedin.com/pulse/新規事業の成功確率は千三つは本当か-畠山和也>

出典: <https://www.valueup1.com/column>

第1回公募採択テーマ

＜広域未踏分野＞

複数小型探査機により、機能の分散協調を行なうことで、未踏峰地点の広範囲で密度の濃いチャレンジングな探査を実現し、探査手法に革新を起こす

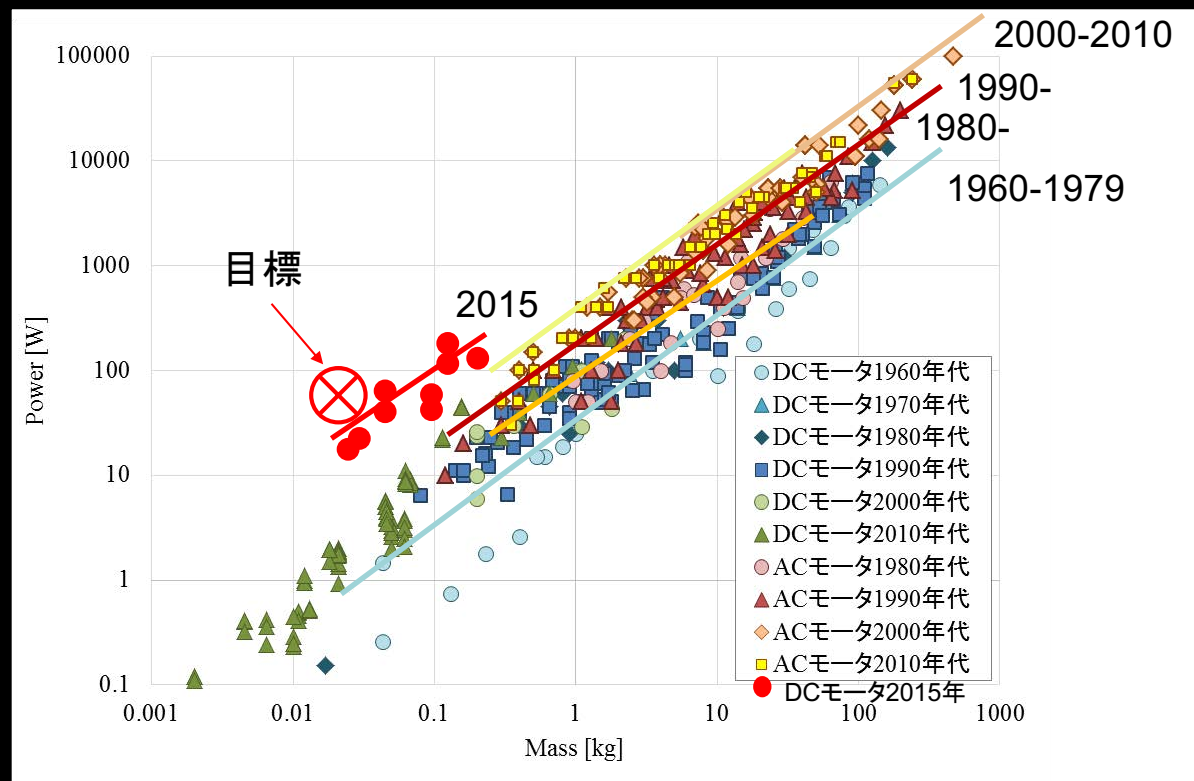
1. 次世代アクチュエータの研究開発(3年間) 5件
2. 昆虫型ロボットの研究開発(1年間) 3件
3. 分散協調システムの研究(1年間) 2件
4. 環境適応型ロボットの知能化研究(1年間) 2件

世界最高クラスのアクチュエータの研究開発

目標: 世界最高クラスのパワー密度

質量25gで出力50W, かつ高効率の小型モータを開発する

戦略: 多極構造で高トルクを維持, 高速回転によりパワーアップ実現

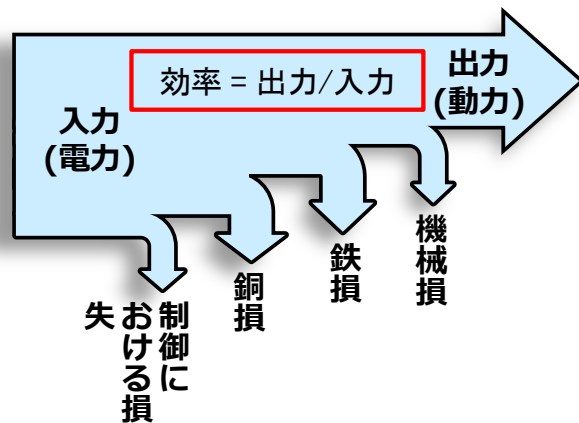


連続定格出力質量比(カタログ値より推定. センサ・ケース込み, ドライバ除く)

田中豊氏(法政大), 坂間清子氏(青山学院大)調査データに2015年を追加して作成

世界最高クラスのアクチュエータの研究開発

高速回転(高周波駆動)に起因して
以下の問題が発生する



モータ損失の分類

- ① 周波数の二乗に比例して渦電流損が増加する
- ② ベアリングの摩擦や空気抵抗による機械損が増加する
- ③ 高速回転に耐えるため、高精度な組立加工が必要になる
- ④ 上記により効率が低下すると電流が大きくなり、銅損が電流の二乗に比例して増加する
- ⑤ 上記のエネルギー損失は熱になり、モータ温度が上昇する
- ⑥ モータ温度が定格出力を規定するため、パワー密度が低下する

世界最高クラスのアクチュエータの研究開発

課題を以下の技術で解決する

- ① 吉川工業株式会社が、ベクトル磁気特性技術研究所・日本金属株式会社と開発・量産化したHIESコアを採用する

HIESコア：モータの鉄心部の部品

超極薄電磁鋼板を特殊積層し量産化した高速高効率コア

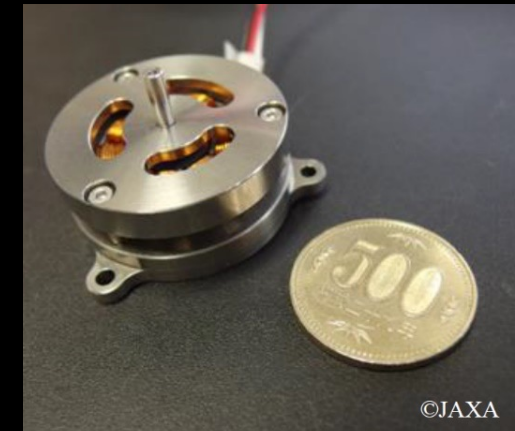
- ② HIESコアの特性を十分に引き出す低損失化設計・解析技術，性能測定・評価技術，およびそれらの技術を総合した設計・組立技術を開発する

アクチュエータの研究開発

新明和工業(株), 大分大, 日本文理大, 茨城大, 静岡大
(協力) 吉川工業, ベクトル磁気特性技術研究所, 日本金属(株)

世界最高性能のアクチュエータの開発

- 地上用モータは1億台超もの台数が国内にて普及し, 主に各種産業用機械において使用されている.
- モータによる電力消費量は, 我が国における産業用電力消費量(約49百億kWh)の約75%と推計
- モータの高効率化は省エネにつながる.



小型軽量・高パワー密度・高効率の開発成功

- ① 質量が25g, 出力50Wで連続運転可能
- ② 低速回転から高速回転, 低出力から高出力の広範囲に亘って80%以上の効率
- ③ 毎分15,000回転以上の高速回転では広範囲に亘って85%以上の効率を達成
- ④ 発熱が極めて少ない

＜宇宙応用＞

- ・月火星表面探査ローバ, 掘削,
- ・サンプル採取, マニピュレータ
- ・火星飛行機・ドローン

＜地上応用＞

- ・ドローン, ロボットの関節駆動
- ・温度上昇を避けたい高速用途
- ・多極大型モータへの展開

昆虫型ロボットの研究開発

中央大学

ミミズ型ロボット



フナ虫型ロボット



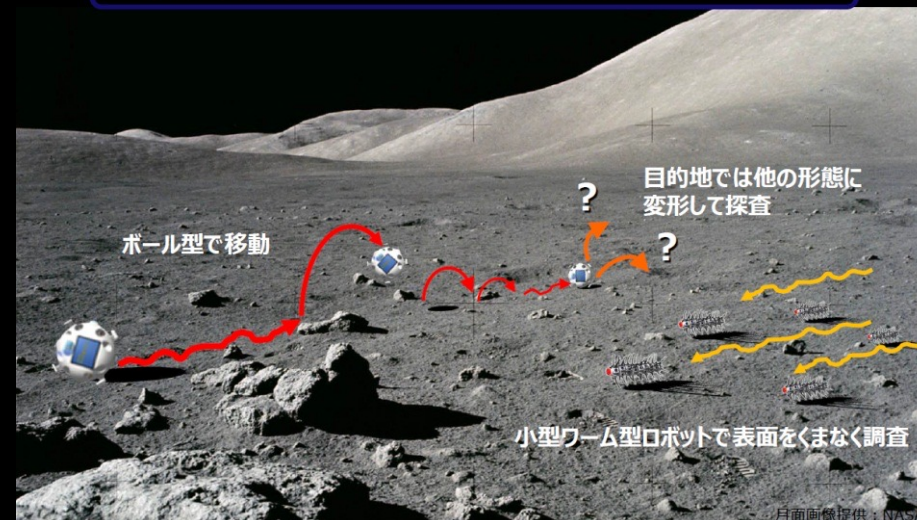
東北大学

ロッククライマ型移動ロボット



タカラトミー

小型の昆虫型ロボットが探査で活躍する世界



©中央大

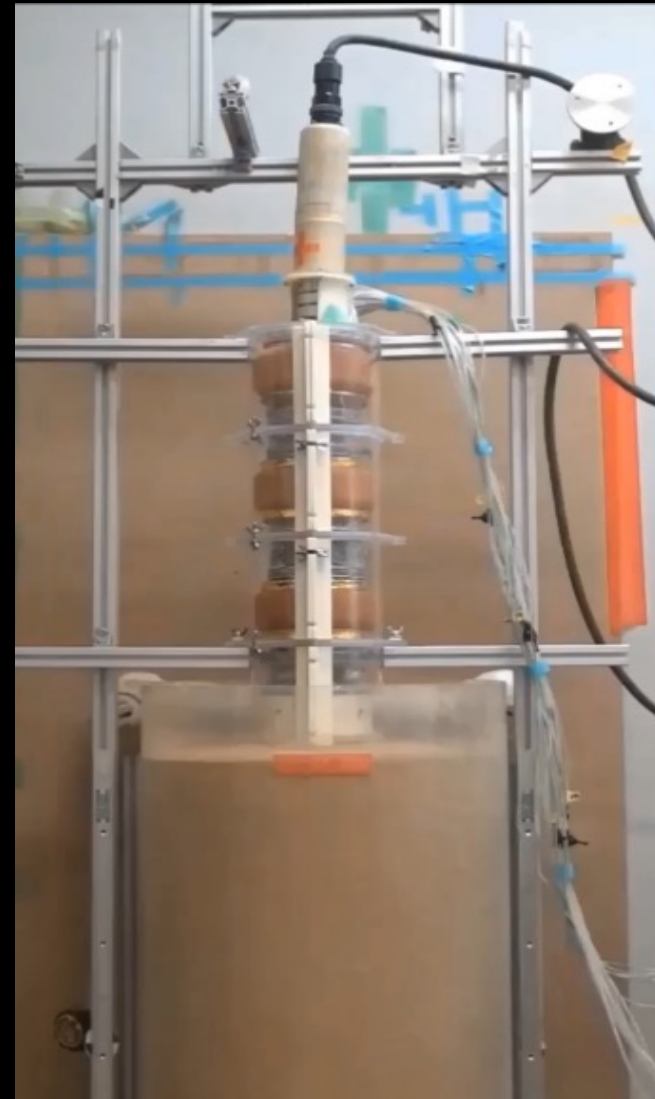


©東北大

4足歩行ロボット歩行試験
凹凸・傾斜 90°
重力補償1kg(ロボット自重1.63kg)
印可電圧7.0V
8倍速

掘削の様子
(x128)

©中央大



タカラトミーとの出会い



<https://www.takaratomy.co.jp>

「今年のロボット」大賞ガイドブック

2006~2008年度 大賞ロボット紹介

2008
年度

Omnibot17μ i-SOBOT

(オムニボットワンセブンミュー アイソボット)
株式会社タカラトミー

ギネス世界記録に認定された、量産化されたロボットの中で
世界最小の2足歩行ヒューマノイドロボット。
独自開発の17個の超小型サーボモータを搭載することで
200種類以上のアクションができる。
家庭での普及を目指し、高いレベルの安全性や耐久性を達成した上で、
求めやすい価格で実用化。安全性の高い単4形ニッケル水素電池を採用、
1回の充電で1時間以上も動き、省エネルギー化も実現。

受賞
担当者の
声

受賞後はテレビ、新聞、雑誌といったマスメディアにアイソボットを取り上げていただき、アイソボットの存在を広く知っていただくことができました。日本を始め世界のロボットショーにも招待をしていただき、日本のロボット技術のユニークさを世界に広げることができたと思っています。また社内においてもロボットに対する理解が一層深まり、ニューロボットの開発を急いでいます。

株式会社タカラトミー
戦略開発グループ
グループリーダー
渡辺公貴氏



ギネスに認定！量産化に
成功した世界最小人型ロボット

超小型サーボモータを使用することで小型ボディを実現したオムニボット17μアイソボットの身長は16.5cm。「世界で最も小さな量産されている人型ロボット」として2006年に世界記録に認定され、2007年のギネスブックに掲載された。



優れたバランスで多彩な動きができる！
話したり、演奏できる！動きながら音楽も
歩行時のバランスを自動で補正するジャイロセンサを搭載。動きの種類はなんと200種類以上。また、それぞれの動きにマッチした約180の言葉と90の効果音を持ち、楽器の演奏やダンス、ものまねなどでもできる。

人にも地球にもやさしい、
電池なしでもちゃんと立つ

家庭での使用を前提に高い安全性や耐久性などを実現。過剰な力がかかったときでも衝撃を吸収して壊れにくい構造になっている。また、起動してなくても立っていられる省エネ構造で、安全性の高い市販の単4形ニッケル水素電池「eneloop」により、1回の充電で60分以上のアクションが可能。量産型の2足歩行ロボットの中では、世界で最も少ないエネルギー使用量で、省エネコンテストのイメージキャラクターにも選ばれ、国内外で地球環境と省エネの大切さを伝える課外授業においても活躍している。



タカラトミーとの出会い

タカラトミーの企業理念

すべての「夢」の実現のために
わたしたちは新しい遊びの価値を創造します

玩具開発と宇宙開発の共通点

	玩具開発	宇宙開発
意義・価値	発売時に時代の先端を行くこと	ミッション遂行時に新しい科学を実現すること
リソース	人・コスト・時間に限り	人・コスト・時間に限り
納期	発売時期が決まっている	打ち上げ時期が決まっている
信頼性 安全性	どんな使われ方をするかわからない	未知天体で予期せぬことへの対応

変形型月面ロボット LEV-2

SORA-Q

JAXA, タカトミー, SONY, 同志社大
共同開発

SORAは宇宙を意味する「宙(そら)」から,
Qは宇宙に対する「Question(問い)」、
「Quest(探求)」、「探求」の「求」、
「球体」であること、
横からのシルエットが「Q」に似ていること



(展開前)



展開

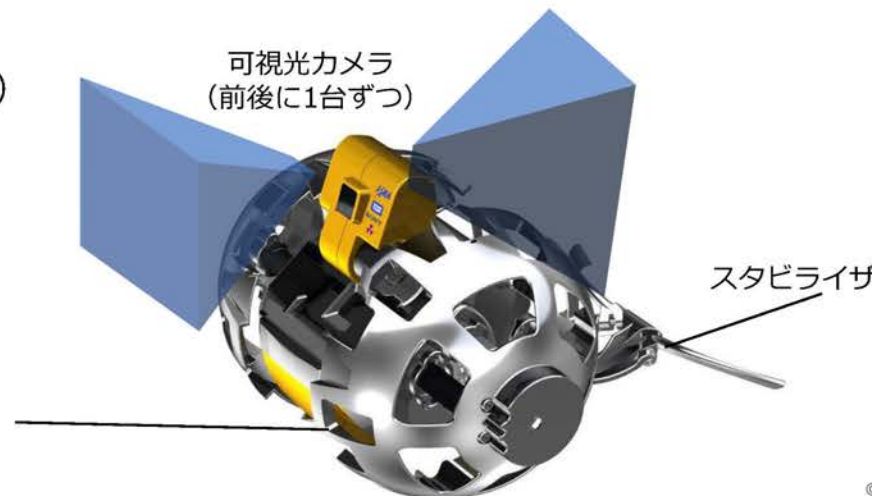


(展開後)

車輪

可視光カメラ
(前後に1台ずつ)

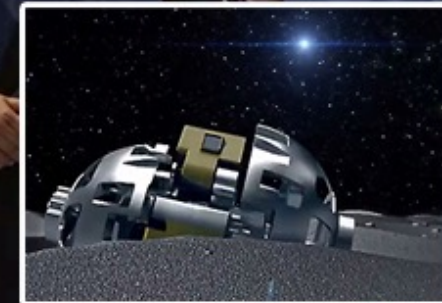
スタビライザ



「SORA-Q」初公開(2022.6.12)



月に行く超小型の
変形型月面ロボット「SORA-Q」
初公開

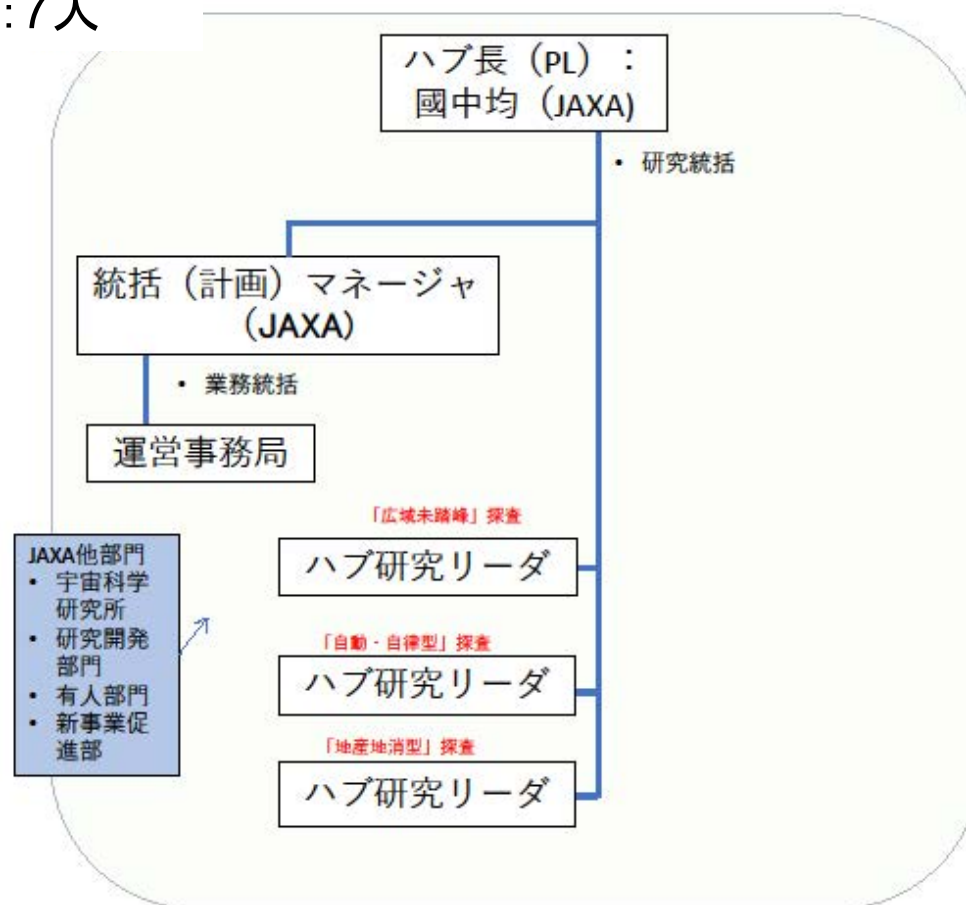


「おもちゃショー2022」 2022年6月12日

宇宙探査イノベーションハブの運営・体制

専任: 13人
併任: 7人

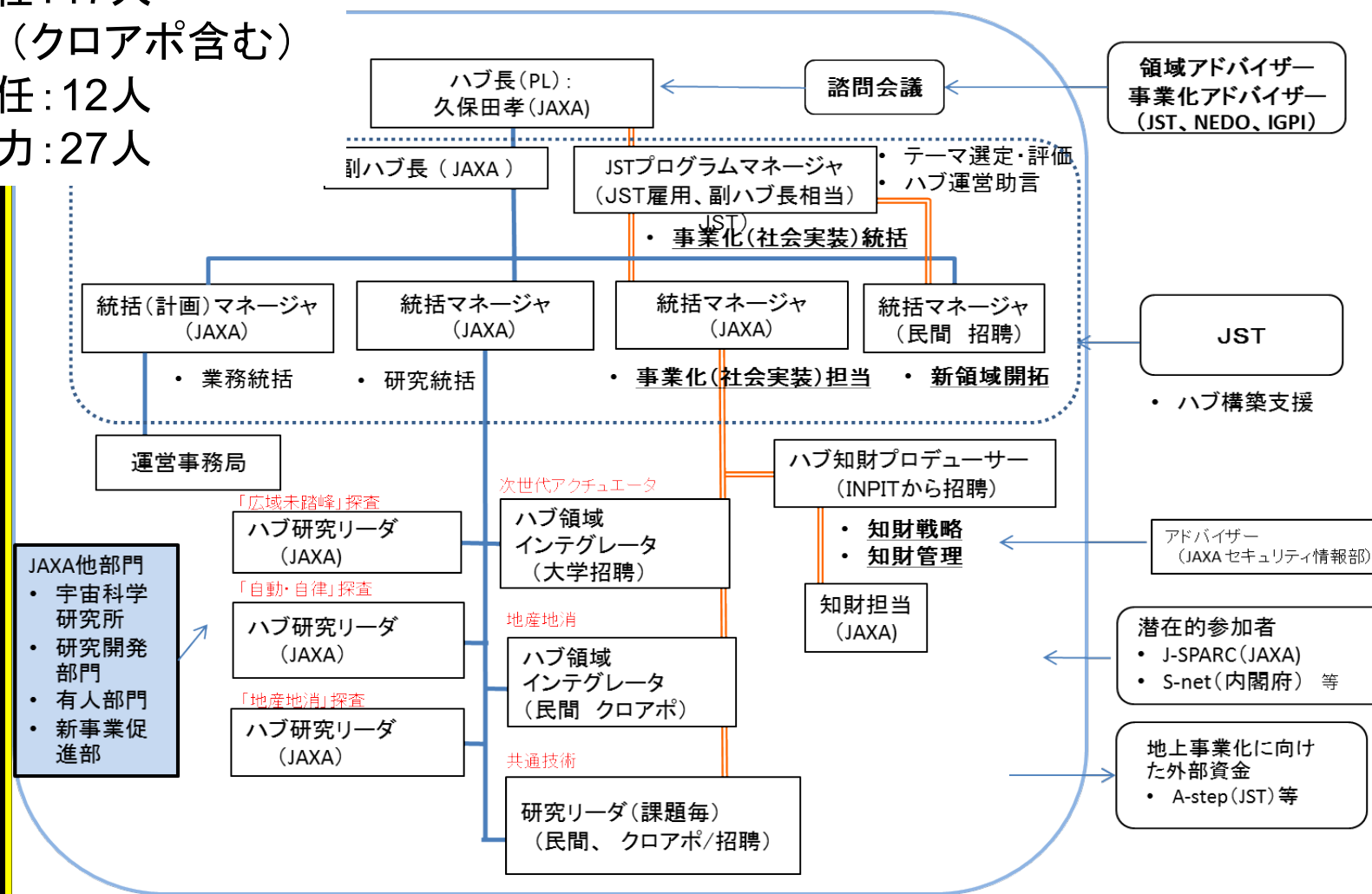
探査ハブ体制図(2015年7月)



宇宙探査イノベーションハブの運営・体制

探査ハブ体制図(2019年7月)

専任: 17人
(クローアポ含む)
併任: 12人
協力: 27人



ノウハウレポート (2019年9月)

イノベーションハブ構築支援事業

ノウハウレポート

「太陽系フロンティア開拓による人類の生存圏・
活動領域拡大に向けたオープンイノベーションハブ」

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構

久保田 孝

2019年(令和元年)9月

目次

はじめに

第1章 宇宙探査イノベーションハブの発足	1
1. 1 宇宙探査イノベーションハブとは	1
1. 2 宇宙探査イノベーションハブ構築の背景	2
1. 3 宇宙探査イノベーションハブ発足時における課題への対応	3
1. 4 JAXA 特区としての宇宙探査イノベーションハブ制度等	11
第2章 宇宙探査イノベーションハブの運営を通じて得られたノウハウ	13
2. 1 公平性を担保しつつ広くオールジャパンで参画をいただくための手法	13
2. 2 研究成果を創出するための手法	28
2. 3 研究成果を社会実装するための手法	32
2. 4 知財戦略	37
2. 5 契約事務	41
2. 6 アウトリーチ、広報	42
第3章 成功した事例及び予定通り進まなかった事例の原因分析	44
3. 1 成功した事例の理由分析	44
3. 2 予定通りに進まなかった原因の分析	45
第4章 宇宙探査イノベーションハブの運用を通じて新たに獲得されたもの	46
4. 1 オープンイノベーションにおける JAXA の持つ強みの再認識	46
4. 2 Dual Utilization の概念（宇宙と地上）の確立	46
4. 3 参加機関の自己投資	47
4. 4 JAXA 職員のモチベーションの向上	48
第5章 まとめ	49
5. 1 宇宙探査イノベーションハブ参加者の意見	49
5. 2 JAXA 事業への展開	53
5. 3 おわりに	55
Appendix	
Appendix-1 アウトリーチ活動実績	56
Appendix-2 メディア掲載リスト	59
Appendix-3 プレスリリース一覧	68

付録 宇宙探査イノベーションハブ共同研究テーマ概要	付 1
---------------------------------	-----

探査ハブの成果(2015-2024)

資料87-3 探査イノベーションハブの活動報告(JAXA船木一幸)

科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会 宇宙開発利用部会, 2024.6.17.

RFI: 1,145件

FY2015~FY2023まで

共同研究: 186件 (260機関でその9割が非宇宙)

宇宙実証: 6件 (＋宇宙ミッション採用: 7件)

民間企業による新事業化: 9件

自己投資(2023年度): 14.3億円 (JAXA資金6.2億円)

成功の秘訣:

企業が期待するものは、資金のみならず、JAXAの知識と経験
探査ハブメンバが、プレイヤーとして共同研究することが重要

今後の探査ハブ活動は ?

最近の宇宙探査関連の状況

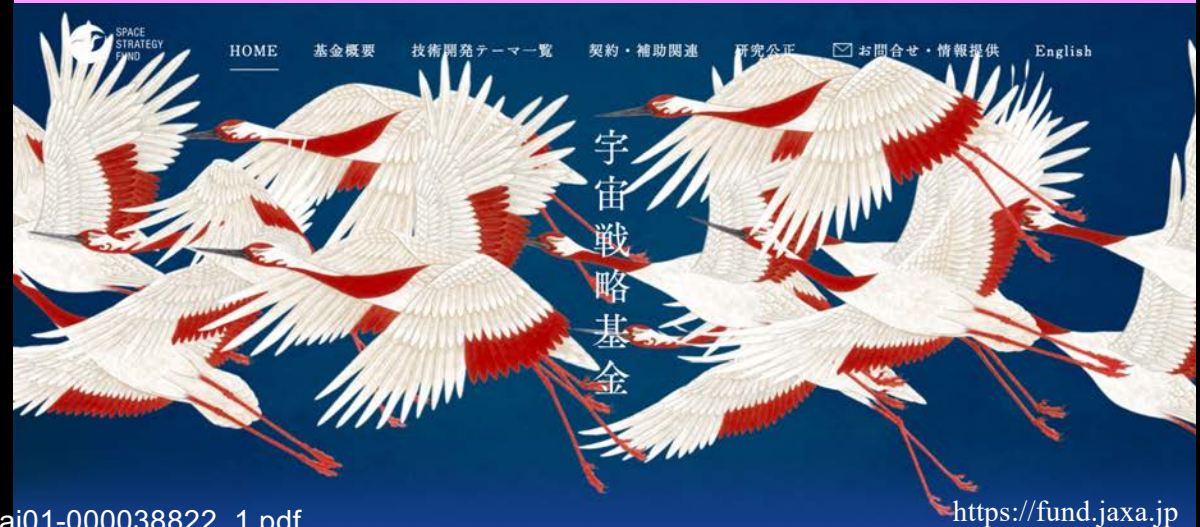
スターダストプログラム

<宇宙無人建設革新技術開発推進事業>



https://www.mext.go.jp/content/20241122-mxt_uchukai01-000038822_1.pdf

宇宙戦略基金



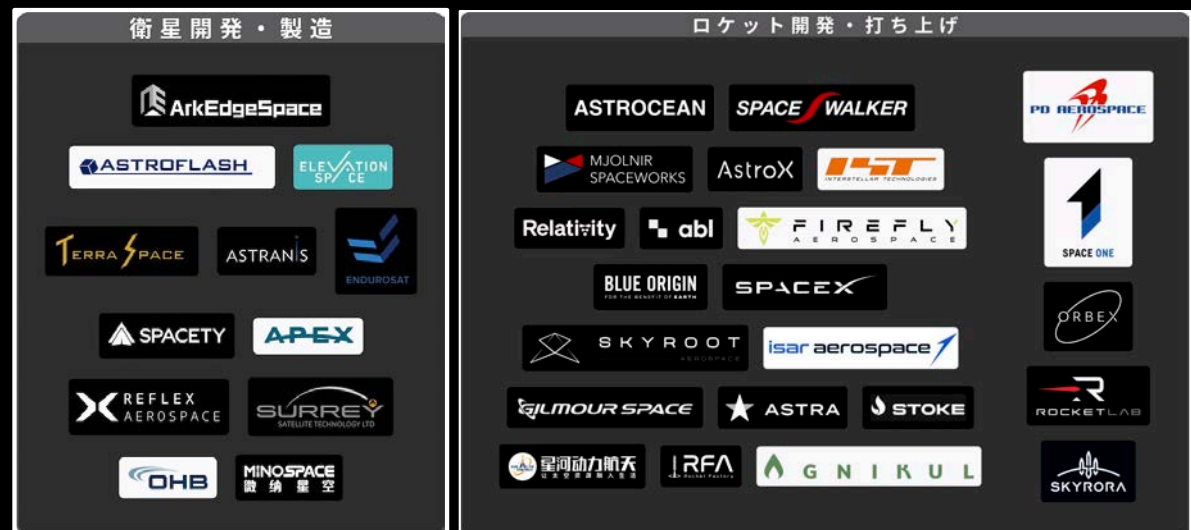
ムーンショット型研究開発事業

目標③: AIとロボットの共進化



<https://www.ist.go.jp/moonshot/>

宇宙産業へのスタートアップ参入が活発化



<https://uchubiz.com/article/clo47299/>

2020年代の社会ビジョン「Planet 6.0」

SOCIETY 1.0	SOCIETY 2.0	SOCIETY 3.0	SOCIETY 4.0	SOCIETY 5.0	Planet 6.0
 <p>狩猟時代</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大自然との共存 ・遊牧民 ・採餌 ・原始的社会 	 <p>農業革命</p> <ul style="list-style-type: none"> ・文明の始まり ・定住 ・灌漑 ・農業 ・余剰と貿易 	 <p>産業革命</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人口の増加 ・大量生産 ・生活水準の向上 ・都市化 	 <p>情報化社会</p> <ul style="list-style-type: none"> ・情報とサービス社会 ・パソコン、スマホ ・インターネット ・デジタル化 	 <p>機械・テクノロジーとの共存</p> <ul style="list-style-type: none"> ・AI、ロボット ・IoT, 5G, クラウド ・スマートシティー ・フィンテック、仮想通貨 	
Planet 1.0	Planet 2.0	Planet 3.0	Planet 4.0	Planet 5.0	Planet 6.0
 <p>宇宙があることを知る（天動説）</p>	 <p>宇宙と地球の関係を 知る/ 地球は宇宙に 浮かぶ天体であることを 知る(地動説)</p>	 <p>宇宙へ行く時代 (ロケットと探査機)</p>	 <p>宇宙で活動する時代。 地球軌道に物や人を 運び、宇宙を利用する ようになる。(宇宙 ステーション)</p>	 <p>宇宙の民主化の時代。 民間が地球周回軌道 上にロケットや衛星を 飛ばし産業を形成する(衛 星コンステレーション等)</p>	
					 <p>月と地球が一体化した循環型経済の形成</p>

月面産業ビジョン協議会(LIVC)活動報告資料(角南氏)より

探査ハブのビジョン

2025-2030

2015-2024



建てる

- ・遠隔操作による無人建設
- ・軽くて大きな建設機械

活動する

- ・人が効率的に活動する技術
- ・人が安全に活動する技術

作る

- ・水を使わないコンクリート
- ・砂からの資源抽出(水や鉱物)

探る

- ・昆虫型ロボによる広域探査
- ・小型高パワーのモータ
- ・僅かな水を検知するセンサ

住む

- ・再生可能な燃料電池
- ・燃料保存断熱タンク
- ・植物生産
- ・放射線防御
- ・健康管理技術



VUCA時代を生き抜くために



🚧 変化が激しく予測しづらい VUCA 時代を生き抜くために、必要なこと 🚧

🏢 企業や組織 迅速な意思決定やパーパスの定義、アジャイルな組織開発

👤 個人 客観的な認識力や思考力の習得、内発的欲求や当事者意識の向上

<https://www.genspark.ai/spark/vuca時代のビジネス環境とその要素/96bbd2c6-991c-4789-8764-90423fb72891>

アジャイル的思考

■アジャイル (agile)

英語(agile)「素早い」「機敏な」
ビジネスでは、
状況の変化に対して素早く対応すること

VUCA(変動, 不確実, 複雑, 曖昧)時代



<https://www.i-learning.jp/topics/column/business/vuca-era.html>

■アジャイル思考

計画と環境変化への適合を両立させるための考え方や方法。
曖昧で変化しやすく、かつ複雑な問題に対し適した解決手段

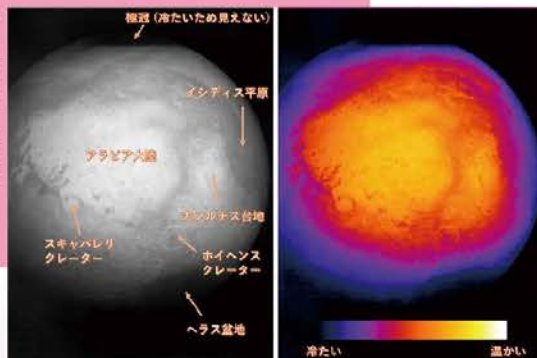
■アジャイル思考の実践

1. 終わりから思い描く
2. カテゴリから目標に落とし込む
3. 進行中のタスクを制限して「タスク完了の先送り」を最小限にする
4. 進捗確認を手軽に行なえるようにする

振り返りと反復

Hera搭載熱赤外カメラTIRIによる火星の熱赤外面像

二重小惑星探査計画Heraの火星スイングバイ直前、2025年3月12日20時45分(日本時間)に日本が開発を担当した熱赤外カメラTIRIで撮影した火星の熱赤外面像(左図)。画像の中央付近にアラビヤ大陸や大シルチス台地、北緯付近にドライアイズや氷水で覆われた極冠(極冠のため暗く見える)、南側に太陽系最大の衝突クレーター地形であるヘラス盆地が確認できる。火星表面の熱放射量(右図)では、温度寒暖差の地域差が確認できる。(p.5参照)



所長就任にあたって

宇宙科学研究所長 藤本 正樹(ふじもと まさき)

2020年12月、「はやぶさ2」は小惑星リュウグウのサンプルを無事地球に届けることに成功した。このこととそれ以後のいくつかの成功から、世界の宇宙科学界におけるJAXA宇宙科学研究所の立ち位置、世界において期待される宇宙研が果たすべき役割が明快になったと感じる。一方で、宇宙科学を取り巻く環境は速いペースで変化しており、それがもたらす制約的範囲内であってもしたたかに期待に応えていくことが求められる。

宇宙研の最大の強みは、その中型計画で世界をあっと言わせることをやってみせることにある。この強みを失うことがあってはならない。また、この強みとは、新しく面白い宇宙科学の領域を切り拓くような計画を実施する際に最大限に発揮されるのであり、ある分野のあるテーマに関して突き詰める計画を実施することは、必ずしも宇宙研の強みを生かすわけではないと考える。このような、ある意味で常に新しいアプローチで中型計画に注力していくことと並行して、小型計画に対しても同じレベルでの成果創出を求めることは、もはや、現実的ではないという事実と正面から向き合う必要がある。小型計画では衛星メーカーが協力しやすい形も意識しつつ、計画の特徴を明かにし、その特徴を出すうえで必須となる新しい要素は絞り込み、全体サイズを拡張することなく、それよりよいものについては既存品を活用し、絞り込まれた新規要素の開発は宇宙科学コミュニティ側が主導する形こそが

あるべき姿ではないか。

これらの計画を実施していく中で日本のコミュニティが世界での存在感を高め、海外が主導する計画に参加する機会を獲得することの重要性は言うまでもない。今後は、日本の枠組みでは到達できない太陽系の領域へと向かう探査システムに小型ロボットを提供する、といった形態の海外計画参加を実現したい。

世界をあっと言わせる中型計画を実施するには、そのための筋力トレーニングが必須である。これを支える活動を宇宙科学プログラムに追加したいと考える。具体的には、世界最先端の要素を含み内製比率の高い小型プロジェクトを、速いサイクルで回していくことを狙いたい。これは当然、人材育成効果も伴うものであるが、そのことは宇宙産業の在り方が大きく変わる中でJAXAに求められるのは「技術を持っていること」だと考えれば、JAXA全体にとっても効果的なプログラム要素となるはずである。また、この文脈で、宇宙研が保有する実験設備・実験場を整えていくことも必須であることに考えが及ぶ。

さらには、小惑星探査での世界のリーダーとなった宇宙研は、JAXAにおけるプラネタリー・ディフェンス(日本語では地球防衛と呼びたい)活動を主導することへの期待にも応えていきたい。2029年4月13日金曜日。このチャンスを見逃すべきではない。

「所長就任にあたって」 宇宙科学研究所所長 藤本正樹

世界をあっと言わせる中型計画
を実行するためには、そのための筋力トレーニングが必須である。これを支える活動を宇宙科学プログラムに追加したいと考える。

具体的には、世界最先端の要素を含み内製比率の高い小型プロジェクトを、早いサイクルで回していくことを狙いたい。

https://www.isas.jaxa.jp/outreach/isas_news/files/ISASnews529.pdf

挑戦なくして成功なし
アジャイル思考をもって

久保田孝