インタビュー：毛利衛 宇宙飛行士／向井千秋 宇宙飛行士／はやぶさ・川口淳一郎 教授

日本の宇宙探検

500円

あなたは、宇宙へ行きたいですか？

その答えを
ミエル化
してみました

MISSION 1
JAXAとは

MISSION 2
宇宙について学ぶ

MISSION 3
なぜ、宇宙を目指すのか

MISSION 4
来るべき宇宙探検へ向けて

空へ挑み、宇宙を拓く

JAXA
宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency

日本の宇宙探検

あなたは、宇宙へ行きたいですか？

宇宙航空研究開発機構（JAXA）

日本の宇宙探検

空へ挑み、宇宙を拓く
JAXA
宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency

01 「ミエル化宣言」～宇宙探検のすすめ～

02 「有人宇宙ミッション検討のミエル化」活動の歩み

03 筑波宇宙センター特別公開での活動レポート

04 MISSION1 宇宙航空研究開発機構「JAXA」とは

05 未来へつながるJAXAの研究開発

06 宇宙を身近に体験できる場所「筑波宇宙センター」

08 宇宙科学の研究者が集う「相模原キャンパス」

10 JAXAの事業所と施設一覧

11 MISSION2 宇宙について学ぶ

12 宇宙についてのQ&A

14 人類が宇宙へ打ち上げたロケットたち

16 有人宇宙ミッションの歩み

18 日本人宇宙飛行士の活躍

25 JAXAの機関誌「JAXA's(ジャクサス)」特別編
有人宇宙ミッションに関する記事をピックアップ

57 MISSION3 なぜ、宇宙を目指すのか

58 JAXAミエル化マップ　―なぜ宇宙へ行きたいのか？ 2011年版

60 JAXAミエル化マップ　―なぜ宇宙に行きたくないのか？ 2011年版

61 新宇宙飛行士たちの考え・JAXA職員はどう考えている？

62 「はやぶさ」元プロジェクトマネージャー 川口淳一郎教授 インタビュー
太陽系大航海時代への挑戦

64 宇宙開発委員会・池上委員長が語る、世界における宇宙開発の現状

66 MISSION4 来るべき宇宙探検へ向けて

67 宇宙探検の計画を立てる

68 私たちは宇宙のどこまで行けるのか

70 どんな宇宙船で行くのか

72 宇宙へ向かうエンジン、宇宙で使うエンジン

74 向井千秋宇宙飛行士 インタビュー
日常が“非日常”に変わるとき

76 宇宙開発で生まれたコト・モノ

78 毛利衛日本科学未来館館長・宇宙飛行士 インタビュー
「宇宙探検」が私たちにもたらすもの

80 編集後記

「ミエル化宣言」
～宇宙探検のすすめ～

本書は、2011年4月12日からスタートしたJAXA職員有志による「有人宇宙ミッションのミエル化」という活動から生まれました。

JAXAの職員は皆、宇宙が好きで、宇宙の仕事がしたくて、JAXAに就職しました。しかし日々の業務に追われ、宇宙に対する憧れや夢を忘れてしまっているのではないか……。そんな思いから「有人宇宙ミッションのミエル化」チームは、JAXA職員を対象に「あなたは、宇宙へ行きたいですか？」という問いから始まるアンケートを実施しました。まず自分自身に問いかけ、宇宙へのあこがれや夢を思い返すことが、最初の一歩になると考えたからです。

本書では2つの目的を掲げています。

１つめは、今まで世界各国で行われてきた「有人宇宙ミッション」を振り返りながら、日本の実績や実力を把握し、日本の強みを知ってもらうこと。いわば「地図を広げ、現在地を知る」という営みです。

２つめは、「目的地を定める」こと。火星や木星、あるいは日本独自の宇宙基地など、その選択肢は無数にあります。「有人宇宙ミッション」がたどってきた歴史と、「なぜ人は宇宙に行くのか」「宇宙で何をするのか」という問いの答えを検証した上で、具体的なミッションの計画検討を深めます。

JAXAの「X」とは、エクスプロレーション（Exploration）、すなわち「探検」を意味する「X」です。ユーリ・ガガーリンによる人類初の宇宙飛行から、半世紀が過ぎました。

次の50年で人類は火星に行けるのか。
宇宙は私たちの日常となるのか。
日本はどう貢献できるのか。

この本をツールとして、日本における「宇宙探検」の未来を、皆さんと一緒に考えてみたいと思います。

2012年3月　JAXA「有人宇宙ミッション検討のミエル化」チーム

「有人宇宙ミッション検討のミエル化」活動の歩み

2011年4月12日、JAXA内で活動をスタートした「有人宇宙ミッション検討のミエル化」。有人宇宙ミッションの検討に必要な「礎」を築くため、さまざまな立場の人たちが参加しながら意見交換を活性化させることを目的に活動しています。チームメンバーはJAXA職員内外を含め200名を超えています。(2011年10月5日集計)

2011年4月12日	ユーリ・ガガーリンによる人類初の有人宇宙飛行から50周年
2011年4月12日	「有人宇宙ミッション検討のミエル化」活動開始（参加者2名）
2011年4月12日	第1回 アンケート実施（回答381名）とチームメンバー募集開始
2011年4月20日	第2回 アンケート実施
2011年5月11日	第1回 ブレーンストーミング開催（参加者4名）
2011年5月25日	第1回 勉強会開催「JAXA有人ロケットについて」
2011年5月31日	メーリングリスト作成（76名のメンバーが登録）
2011年6月8日	古川宇宙飛行士の長期滞在開始（11月22日帰還）
2011年6月13日	漫画「宇宙兄弟」の作者小山宙哉さんにインタビュー
2011年6月15日	第2回 勉強会開催「JAXA有人宇宙船について」
2011年6月29日	第3回 勉強会開催「HTV-Rの検討状況について」
2011年7月21日	第4回 勉強会開催「若田宇宙飛行士の講義」
2011年7月21日	スペースシャトル「アトランティス号」帰還（30年に及ぶスペースシャトルプログラム終了）
2011年7月25日	有人宇宙ミッション推進派ではない人の意見募集
2011年8月4日	クリエイティブ・ディレクター高松聡さんにインタビュー
2011年8月10日	第5回 勉強会開催「有人宇宙船『ふじ』について」
2011年8月22日	第6回 勉強会開催「有人宇宙活動に係わる宇宙法について」
2011年8月31日	第7回 勉強会開催「JAXA外からみた有人宇宙活動 ― 宇宙ビジネスコンサルタント大貫美鈴さんの講義」
2011年9月21日	東北大学講演およびアンケート実施（回答7名）
2011年9月30日	早稲田大学にてアンケート実施（回答132名）
2011年10月12日	第8回 勉強会開催「月の縦孔・溶岩チューブ、将来の月面基地候補について」
2011年10月15日	筑波宇宙センター特別公開にてミエル化パンフレットを配布しアンケートを実施（回答365名）
2011年10月18日	京都文教大学にてアンケート実施（回答216名）
2011年10月26日	第9回 勉強会開催「新型ロケットエンジンLE-Xについて」
2011年11月9日	第10回 勉強会開催「サブオービタルプレーンについて」
2011年11月18日	名古屋工学院専門学校にて日本機械学会主催の宇宙工学講座講演
2011年11月25日	東京大学・駒場際にてアンケート（回答154名）
2011年12月9日	筑波大学にてアンケート実施（回答39名）
2011年12月16日	宇宙関連企業10社にアンケート実施（回答316名）
2012年1月16日	古川宇宙飛行士 ISS長期滞在ミッション報告会にてミエル化パンフレットを配布

「ミエル化」とは？

「ミエル化」とは、ものづくりの現場で生まれ、経営学やビジネスコンサルティングでも使われるようになった「見える化」という言葉をアレンジしたものです。その目的は、隠れたムダや気付かなかった障害を、誰もが分かるような図や数字・実物で示し、問題点を明らかにすること。また多くの人々と問題を共有することで、より良い解決につなげようという前向きな意図を込めたキーワードです。

筑波宇宙センター特別公開での活動レポート

「有人宇宙ミッション検討のミエル化」では、“宇宙に行きたい人、集まれ！”をテーマに、2011年10月15日に開催された筑波宇宙センター特別公開にてイベントを主催。来場された方々にパンフレットを渡し、「なぜ宇宙へ行きたいのか」という問いの答えや「JAXAへ期待すること」などの声を集めました。また、子どもたち向けにスペースシャトルやロケットの折り紙や塗り絵などを用意し、宇宙への興味や理解を深めるイベントとなりました。ミエル化の活動で集めたメッセージは、こうのとり３号機に搭載予定です。今後も、宇宙に行きたい人からのメッセージなどを集め、JAXA宇宙機に搭載する機会を増やしていきたいと考えています。

2011年10月に製作した「有人宇宙ミッション検討のミエル化　JAXA平成23年度理事長裁量経費」のパンフレット

● 宇宙へ興味を持つきっかけとなった映画や小説、マンガ、アニメは？

1位　「宇宙戦艦ヤマト」78名
2位　「宇宙兄弟」46名
3位　「銀河鉄道999」35名

他に、「STARWARS」「2001年宇宙の旅」「ガンダム」「はやぶさ」「仮面ライダー」「プラネテス」「鉄腕アトム」「ウルトラマン」「セーラームーン」など。

来場者365名のアンケート結果の一例

「EMOTION the Best 宇宙戦艦ヤマト 劇場版」
販売元：バンダイビジュアル　©東北新社

「宇宙兄弟」©小山宙哉／講談社

「銀河鉄道999」ブルーレイ
発売元：東映アニメーション・東映ビデオ
販売元：東映

MISSION 1

宇宙航空研究開発機構「JAXA」とは

2003年10月に宇宙科学研究所（ISAS）・航空宇宙技術研究所（NAL）・宇宙開発事業団（NASDA）が1つになり宇宙航空研究開発機構「JAXA（ジャクサ）」は誕生しました。JAXAでは宇宙航空分野の基礎研究から開発・利用に至るまで、宇宙開発を幅広く手がけています。MISSION1では、JAXAの活動を代表する最先端の技術を集結したロケットや人工衛星について紹介します。

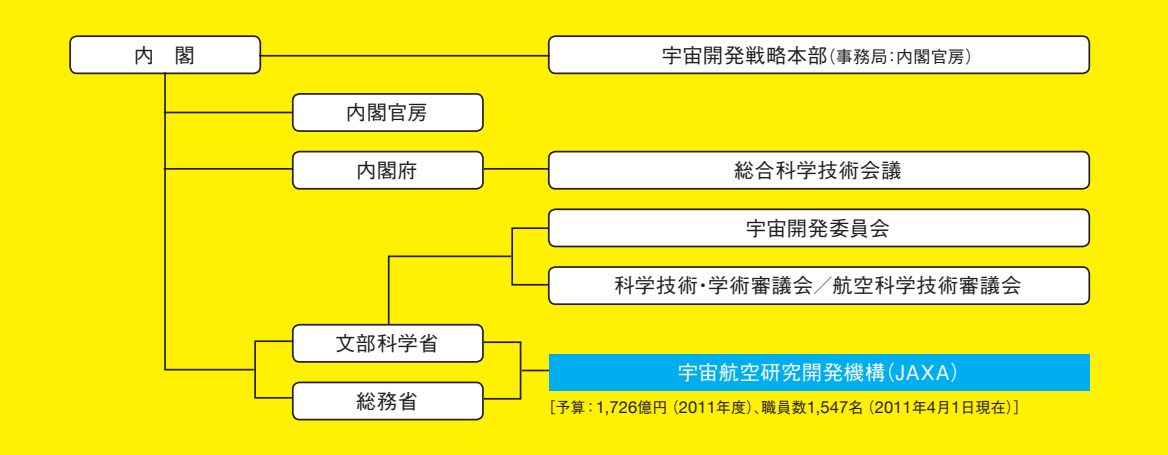
筑波宇宙センター見学施設「スペースドーム」

未来へつながるJAXAの研究開発

JAXAの主な事業である「宇宙開発利用」と「航空研究開発」は、日本が発展していくための1つの手段であり、
また人類の未来に役立つための重要な使命と考えています。
“空へ挑み、宇宙を拓(ひら)く”というメッセージを掲げ、JAXAは日々さまざまな研究開発に挑んでいます。

日本の宇宙開発体制図

＊2012年3月時点の体制図。現在、内閣府に宇宙政策の司令塔機能を設置するなど、宇宙開発利用の戦略的な推進体制の構築に向けた検討が進められています。



各分野の説明

人工衛星

JAXAが手がける人工衛星は、高性能のセンサを用い陸地や海洋を観測することで、資源開発・国土利用・防災などに役立っています。また温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」は、二酸化炭素とメタンの濃度分布を観測し、人類が抱えている地球規模の課題の解決に貢献。さらに超高速インターネット衛星「きずな」では、より快適な通信環境を実現する最先端の技術を実証しています。2011年の東日本大震災の際には、緊急時の通信回線として使われました。

宇宙科学の探求

宇宙には、まだまだ人類が知らない多くの謎があります。国立天文台は地上からの天体観測を実施していますが、JAXAは大気の影響を受けない宇宙空間に望遠鏡を搭載した「ひので」「あかり」「すざく」などの科学衛星を打ち上げることで、数々の発見を科学者たちにもたらしました。小惑星探査機「はやぶさ」が小惑星イトカワから採取したサンプルも、人類の未知なる発見につながる一歩となっています。

宇宙環境の活用

アメリカ、ロシア、カナダ、ヨーロッパの世界15カ国が参加する「国際宇宙ステーション（ISS）」は、宇宙に建設された人間が生活できる巨大な有人施設です。2009年には「きぼう」日本実験棟が完成し、微小重力下でなければできないタンパク質結晶や生物学の実験、芸術や教育分野での利用などに用いられています。またJAXAでは宇宙飛行士の採用や育成、宇宙ステーションへ物資を輸送する補給機「こうのとり（HTV）」の開発も行っています。

ロケット

人工衛星の打ち上げや国際宇宙ステーションへの物資を輸送するために必要なロケット開発もJAXAの大切な使命です。数々のミッションを成功させてきた信頼性の高い「H-IIAロケット」は、本格運用に入り民間企業への打ち上げサービス移管を行いました。現在は「H-IIAロケット」の能力増強型である「H-IIBロケット」も活躍し、16tを超える重量級の「こうのとり（HTV）」の打ち上げが可能です。

航空技術の研究

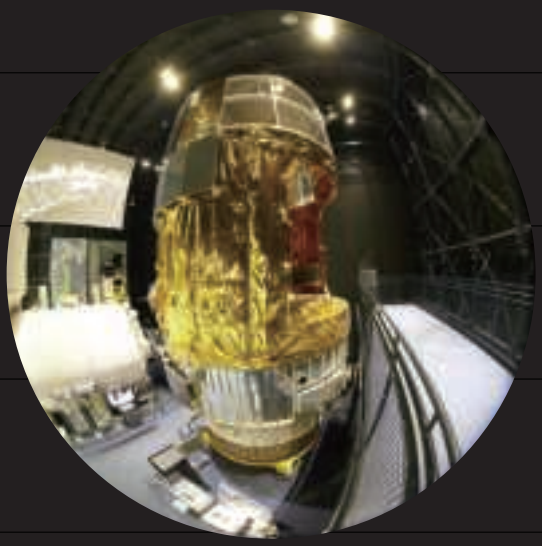
航空機の開発に不可欠な空気力学や操縦システムに関する研究をはじめ、国産旅客機の開発支援を行っています。経済的で環境にやさしい“静かな超音速旅客機”の実現を視野に入れ、新たな飛行テストを実施。また、空港周辺の大気汚染や気候に対し悪影響のある窒素酸化物の排出低減や、地球温暖化を防ぐためのCO2排出量の削減などを可能にするエンジン技術の研究も手がけています。

基盤技術の研究

宇宙航空分野の技術力の柱となる基礎研究開発や基盤技術研究は、JAXAのプロジェクトを支える大切な役目です。民間ではできないロケットや人工衛星に使われる部品などの技術開発はもちろん、研究開発をデータベース化することで、日本の宇宙・航空開発の発展につながっていきます。さらに、将来の宇宙構想実現のため未踏技術への挑戦や、小型実証衛星を用いた軌道実験にも取り組んでいます。

宇宙服

筑波宇宙センター



宇宙ステーション補給機「こうのとり」（HTV）

宇宙を身近に体験できる場所「筑波宇宙センター」

1972年に開設した「筑波宇宙センター」は、約53万㎡の敷地に最新の試験設備を備えた総合的な事業所です。人工衛星やロケットなど将来の宇宙機の研究開発や試験、打ち上げた人工衛星を追跡・運用する管制室などを設置。また国際宇宙ステーションにある「きぼう」日本実験棟の開発や試験、宇宙飛行士の養成なども行い、まさに日本の宇宙開発の中枢といえる場所です。「筑波宇宙センター」では一部の施設見学が可能です。展示館スペースドームではロケットや人工衛星などの実物大の試験モデルを展示。見学ツアーに申し込むと、管制室や宇宙飛行士養成エリアなど、実際に宇宙開発の現場を見学することができます。

総合開発推進棟

1/20 サイズの歴代国産ロケット模型

H-II ロケットの実機

技術試験衛星VII型「きく7号」(ETS-VII)

セブンイレブン筑波宇宙センター店の名物店長

「きぼう」日本実験棟

筑波宇宙センター

〒305-8505
茨城県つくば市千現2-1-1
☎029-868-5000

アクセス方法

電車　JR常磐線「荒川沖駅」下車→タクシー（約15分）または関鉄バス「筑波大学中央」行き「物質研究所」下車　徒歩1分。つくばエクスプレス線「つくば駅」下車→タクシー（約10分）または関鉄バス「荒川沖駅」行き「物質研究所」下車 徒歩1分　＊ 土・日・祝日は、つくばエクスプレス線「つくば駅」バスターミナルより、つくば市の研究機関等を巡る1日乗降自由の循環バス「つくばサイエンスツアーバス」も運行しています。

車　常磐自動車道　桜土浦インター→筑波宇宙センター（3.5km、約7分）
国道6号線 学園東大通り線入口→筑波宇宙センター（5km、約10分）

バス　「東京駅（八重洲南口）」→ハイウェイバス「つくばセンター」行き「並木一丁目」下車　徒歩1分

タクシー　「荒川沖駅」より約15分、「土浦駅」より約20分、「つくば駅」より約10分

小惑星探査機「はやぶさ」の模型

再使用ロケット

宇宙科学の研究者が集う「相模原キャンパス」

「相模原キャンパス」は1989年に旧文部省宇宙科学研究所の施設として開設されました。大学と連携しながら学術研究を推進する「宇宙科学研究所」、月や惑星探査に関するプロジェクトを推進する「月・惑星探査プログラムグループ」、学校教育を支援する「宇宙教育センター」、大学や研究機関との連携を進める「大学等連携推進室」など、JAXAが進める宇宙・航空分野の研究開発の中でも、主として学術研究と教育を進める部門が置かれています。キャンパス内では、実物大のロケットや小惑星探査機「はやぶさ」の模型などを見学することができます。

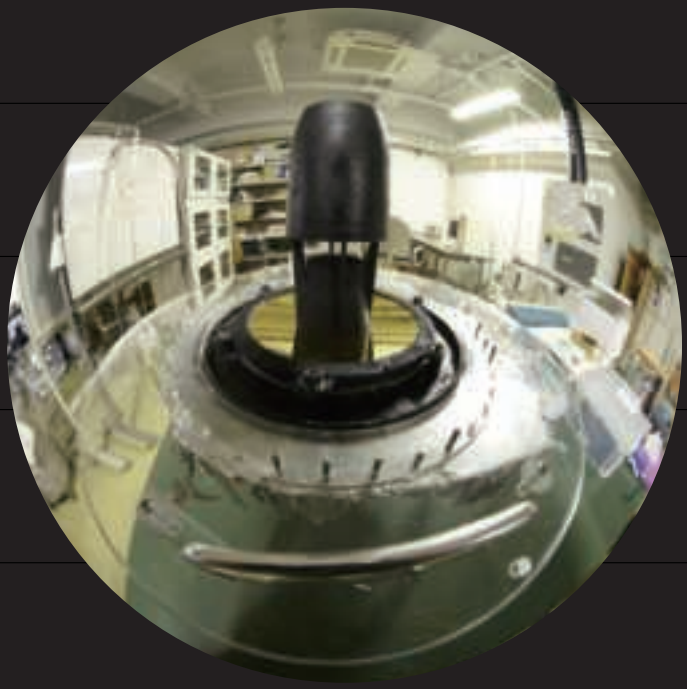
M-V ロケットの実機

月惑星探査ローバ

ペンシルロケットの実機

職員会館（生協）

若田宇宙飛行士がスペースシャトルで回収したIRTS



相模原キャンパス

〒252-5210
神奈川県相模原市中央区由野台3-1-1
☎042-751-3911

アクセス方法

JR「淵野辺駅」から　タクシーで約5分、徒歩で約20分。バスは「淵野辺駅」2番乗り場「36,37淵野辺駅」行き循環バス「市立博物館前」下車（約10～15分）、徒歩2分

小田急線「相模大野駅」から　バスで「相模大野駅」5番乗り場「02相模原駅」行きバス「宇宙科学研究本部入口」下車（約20分～30分）、徒歩5分

JAXAの事業所と施設一覧

見＝見学可能施設（無料）

臼田宇宙空間観測所 見

〒384-0306
長野県佐久市上小田切大曲1831-6
☎ 0267-81-1230

「臼田宇宙空間観測所」は、惑星や彗星（すいせい）のような天体に接近して観測を行う深宇宙探査機のための施設。主鏡面が直径64mの反射鏡になっている大型パラボラアンテナから動作指令を送信したり、探査機からの観測データを受信しています。

内之浦宇宙空間観測所 見

〒893-1402
鹿児島県肝属郡肝付町南方1791-13
☎ 0994-31-6978

1962年に設立された、宇宙科学研究を目的とした天文観測衛星や惑星探査機の打ち上げを手がける「内之浦宇宙空間観測所」。日本で最初の人工衛星「おおすみ」や「はやぶさ」も打ち上げられた場所です。また現在は、主に科学観測ロケットの打ち上げを行っています。

角田宇宙センター 見

〒981-1525
宮城県角田市君萱字小金沢1
☎ 0224-68-3111

ロケットの要となるエンジンの研究・開発を行う「角田宇宙センター」では、日本で唯一となる宇宙空間に近い環境下で燃焼試験が可能な「高空燃焼試験設備」を設置。さらに、将来の宇宙輸送システムへの適用を目指した再使用型ロケットエンジンや、大気中の飛行時には空気を利用するエアブリージングエンジンの研究開発も手がけています。

筑波宇宙センター 見

〒305-8505
茨城県つくば市千現2-1-1
☎ 029-868-5000

筑波研究学園都市の一画に位置する「筑波宇宙センター」は、人工衛星やロケットなど宇宙機の研究開発や試験、打ち上げた人工衛星の追跡管制などを担当。さらには「きぼう」日本実験棟の運用、宇宙飛行士のトレーニングなども行っています。

相模原キャンパス 見

〒252-5210
神奈川県相模原市中央区由野台3-1-1
☎ 042-751-3911

丹沢山地を望む静かな環境に囲まれた「相模原キャンパス」は研究・管理棟やロケット・人工衛星の基礎開発や試験を行う特殊実験棟などを設置。また全国の大学の共同利用機関の１つとして、世界各国から研究者も受け入れています。

種子島宇宙センター 見

〒891-3793
鹿児島県熊毛郡南種子町大字茎永字麻津
☎ 0997-26-2111

世界一美しいロケット発射場ともいわれる「種子島宇宙センター」は、1969年に宇宙開発事業団（NASDA）の発足とともに設立。総面積約970万㎡にも及ぶ、日本最大のロケット発射場です。「H-IIBロケット」を打ち上げる大型ロケット発射場、およびロケットに搭載する人工衛星や探査機の組み立てをする衛星組立棟などが設置されています。

調布航空宇宙センター 見

〒182-8522
東京都調布市深大寺東町7-44-1
☎ 0422-40-3000

調布航空宇宙センター飛行場分室 見
〒181-0015
東京都三鷹市大沢6-13-1
☎ 0422-40-3000

JAXAの本社である「調布航空宇宙センター」では、航空技術の研究・開発を行っています。中でも人工的に空気の流れを作り航空機周りの空気力を調べる「風洞」や、膨大な計算を行うための「スーパーコンピュータ」などの施設は日本最大級の規模を誇ります。また分室では、実験用航空機や飛行シミュレータを利用した技術実証や次世代航空機の研究なども手がけています。

「海外駐在員事務所」

国際協力プロジェクトの調整や各国の動向調査のため、NASA（アメリカ国航空宇宙局）、ESA（欧州宇宙機関）との連絡調整や情報交換などを行っています。

ワシントン駐在員事務所
2120 L Street, N.W. Suite 205 Washington, D.C. 20037, USA
☎ +1-202-333-6844

ヒューストン駐在員事務所
100 Cyberonics Boulevard, Suite 201 Houston, TX 77058, USA
☎ +1-281-280-0222

パリ駐在員事務所
3 Avenue Hoche, 75008 Paris, France
☎ +33-1-4622-4983

バンコク駐在員事務所
B.B.Building Room.1502, 54 Asoke Road, Sukhumvit 21, Bangkok 10110 Thailand
☎ +66-2260-7026

モスクワ技術調整事務所
Millennium House, 12 Trubnaya Street, 107045 Moscow, Russia
☎ +7-495-787-2761

＊2012年3月時点

MISSION 2

宇宙について学ぶ

ユーリ・ガガーリンが人類初の宇宙飛行を成し遂げてから50年が経ちました。「国際宇宙ステーション（ＩＳＳ）」での長期滞在をはじめ、宇宙についての開発・研究は日々進化を遂げています。ＭＩＳＳＩＯＮ2では、ヒトが宇宙で成し遂げてきたことを、有人宇宙ミッションの歴史とともに振り返ってみます。

宇宙についての Q&A

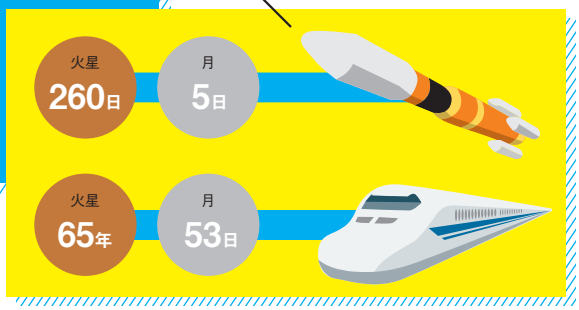
「宇宙」について、
ヒトはどこまで理解しているのでしょうか。
—宇宙が誕生したのはいつ？
—月や火星に行くには何日かかるの？
—宇宙人はいるの？
地球にいては分からないことが、
宇宙から地球を見ることで見えてきました。

Q6 地球・太陽の寿命は？

A 太陽の寿命は約 100 億年と予測されています。実際には 1 秒間に 5 億トン以上の水素を燃やしているため、少しずつ軽く小さくなっています。しかし、太陽が誕生した 46 億年前と比べてもわずか 0.03% しか減っていません。その太陽の影響を受けて地球が変化するには、何十億年もかかるでしょう。

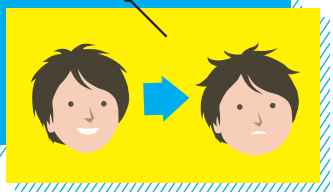
Q7 月や火星へ行くには何日かかる？

A 地球から月への距離は約 38 万 km、月と火星の距離は約 1 億 7,000 万 km です。時速 300km の新幹線で例えると、月までは約 53 日かかり、火星までは約 65 年が必要です。一方、ロケットで月まで行くにはさまざまなルートがあります。例えば、ホーマン遷移という手法で計算すると約 5 日、火星まで行くには約 260 日となります。



Q8 宇宙に行くと人間の体はどうなる？

A 宇宙の無重力環境では、地上では下半身に集まっている体の中の体液が上半身にも流れてしまいます。そのため「ムーンフェイス（月のように丸い顔）」と呼ばれるようなむくんだ顔になります。逆に下半身は体液が上半身に移動した分、足が細くなります。また重力が無くなると体を支える骨が必要無くなり、カルシウムが溶け出しもろくなります。さらに、力も必要が無くなるために筋力も弱くなってしまいます。

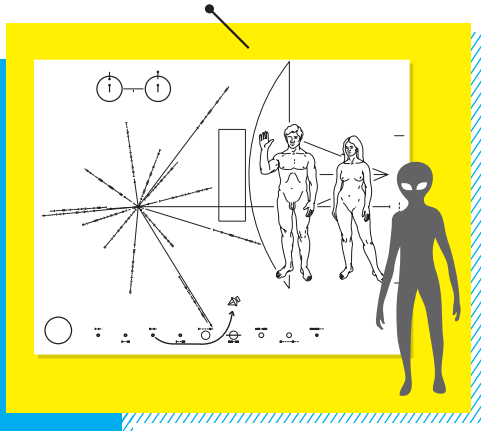


Q9 人間は宇宙に住むことができる？

A 1974 年、ジェラルド・オニール博士は月の軌道上に人の住める巨大な居住地を作るという「スペースコロニー構想」を発表しました。地球と月の引力が釣り合うラグランジュポイントに設置するという、大規模な宇宙移住計画です。しかしこの計画では、強い宇宙線や大気、温度管理など実際に人間が暮らすには多くの課題がありました。一方、ある惑星を人為的に変化させて人間の住める環境にする「テラフォーミング（惑星地球化計画）」という考え方もあります。1990 年以降は、観測能力の向上により太陽系の外にある惑星「太陽系外惑星」が数多く発見され、地球と同じような惑星があるという可能性が出てきました。とはいえ、どちらの場合も長期間の宇宙滞在が必要です。そのため国際宇宙ステーション（ISS）では、人間が長期間生活するための研究が行われています。

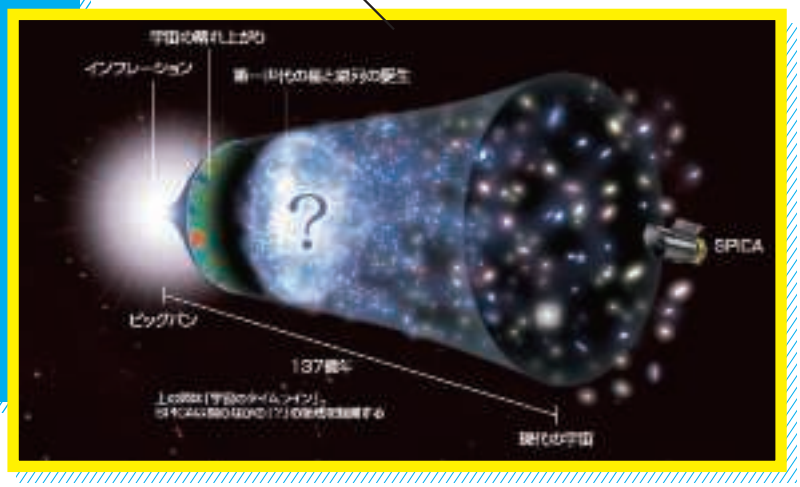
Q10 宇宙人はいるのか？

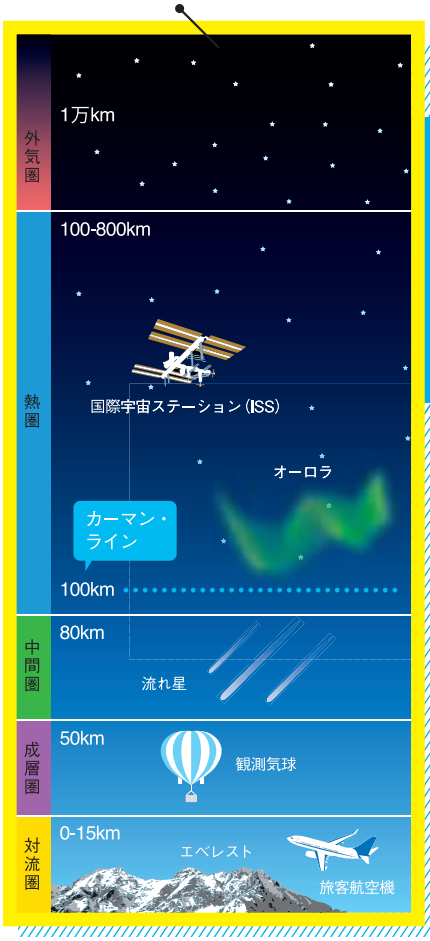
A 私たちの住む太陽系では、まだ地球外生命体が見つかっていません。しかしながら、太陽系の外には太陽のような恒星が無数にあります。また最近の研究により「太陽系外惑星」の中にも地球と条件が似ている星が見つかり始めました。アメリカの天文学者、フランク・ドレイクは地球の他に地球外生命体が存在する確率を「ドレイクの方程式」で計算し、地球外生命体はいると推測しています。また、1972 年に打ち上げられたパイオニア 10 号・11 号には、アルミ板に金メッキをした人類や太陽系を描いた「宇宙人への手紙」が積み込まれ、現在も宇宙空間を漂っています。もし宇宙人がパイオニア 10 号・11 号を見つけた際には、その手紙が地球や人間の存在を伝えてくれるはずです。



Q1 宇宙の起源は？

A 宇宙の始まりは“ビッグバン”と呼ばれる大爆発だと考えられています。NASA（アメリカ航空宇宙局）が打ち上げた宇宙探査機「WMAP」がビッグバンの名残である宇宙マイクロ波背景放射の温度を観測し、宇宙は約137億年前に誕生したことが分かりました。その後、星と銀河が生まれることになるのですが、この第1世代の星がいつ、どのように誕生したかは分かっていません。JAXAが手がける赤外線天文衛星「SPICA」では、赤外線観測を用い第1世代の星と銀河の誕生を観測する予定です。





Q2 どこからが宇宙？

A 国際航空連盟が“宇宙飛行を行った”と認定する、海抜高度100kmを超える飛行ラインのことを「カーマン・ライン」と呼びます。このラインを超えると宇宙空間となり、高度100km以下は地球の大気圏と定義されています。この定義に従うと、地上から100kmより上が「宇宙」といえます。現在、サブオービタルといわれる民間の宇宙旅行はこの「カーマン・ライン」の周辺を数分間飛行します。

Q3 宇宙空間とはどんなところ？

A まず、宇宙空間には空気がありません。そして音は空気の振動により伝わるため音もなく、空気の流れもないため風も起こりません。宇宙には1,000億以上の銀河が存在しているといわれており、太陽はその中の1つの銀河にある約2,000億個の星の1つにすぎません。

Q4 ブラックホールとは？

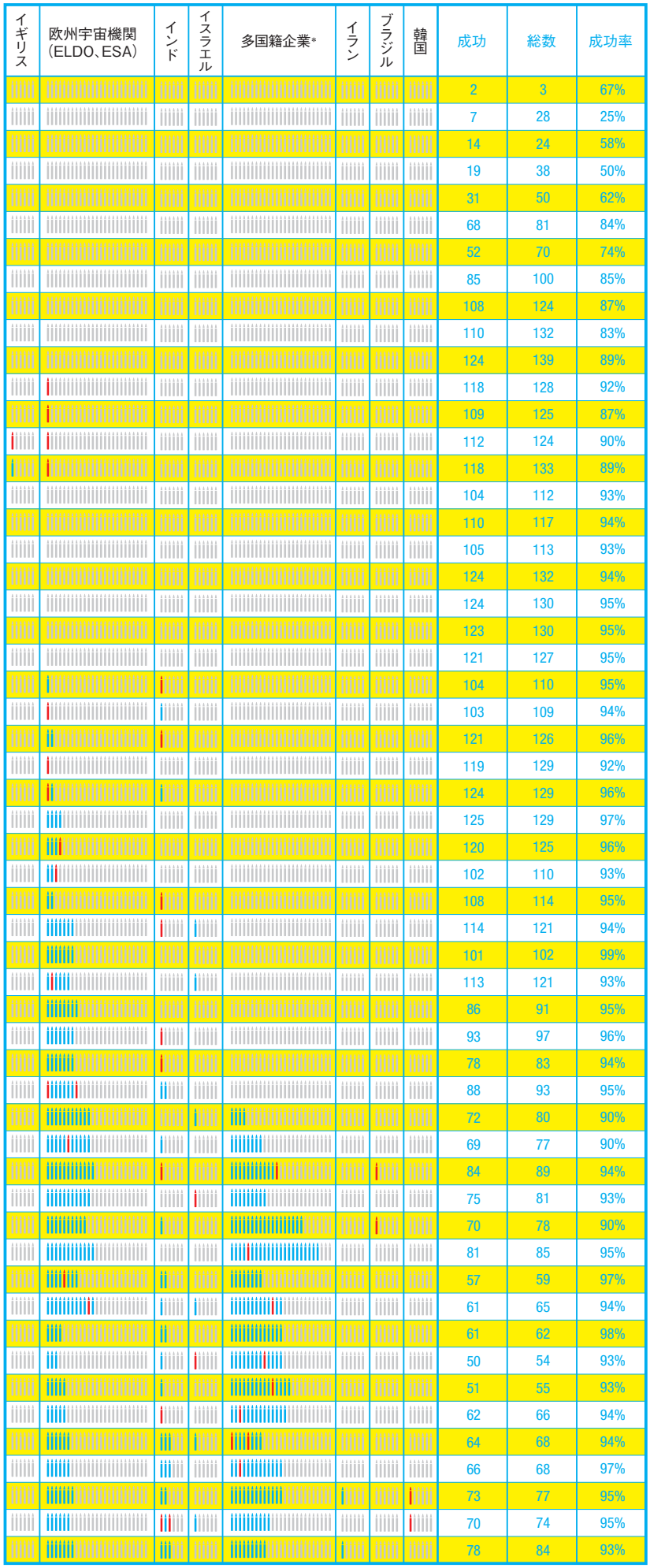
A 星が一生を終え、最後の大爆発をする「超新星爆発」が起こった後、その爆発の重力により極限状態まで収縮した天体の状態のことを「ブラックホール」と呼びます。「ブラックホール」自体は見ることができません。しかし、「ブラックホール」が物質を飲み込む時に発生させる、X線やガンマ線は観測することができます。JAXAが2005年に打ち上げたX線天文衛星「すざく」は、高精度な「ブラックホール」の周辺データの観測に成功しました。現在は「すざく」の後継機として、より性能を高めた科学衛星「ASTRO-H」を開発しています。

Q5 太陽系や惑星の大きさは？

A 太陽の大きさは直径約140万kmです。次いで木星が直径約14万km、土星はそれよりやや小さく直径約12万km。天王星、海王星は直径約5万km。金星と地球は、ほぼ同じ大きさで直径約1万2,000km。火星は地球の半分ぐらいの大きさで直径約7,000km、1番小さい水星は直径約5,000kmです。太陽の大きさがリンゴだとすると、木星と土星はビー玉、金星と地球は米粒くらいの大きさになります。

人類が宇宙へ打ち上げたロケットたち

現在までに何機のロケットが、宇宙へ打ち上げられたか知っていますか？
この図は、1957年から2011年までに地球から宇宙へ打ち上げられたロケットの一覧です。
ロシアは2962機、アメリカは1482機を打ち上げています。
日本は88機打ち上げて、76機が成功。
ロシアやアメリカに比べて、機数は少ないながら、他国が成し得なかった数々のミッションを遂行してきたのです。

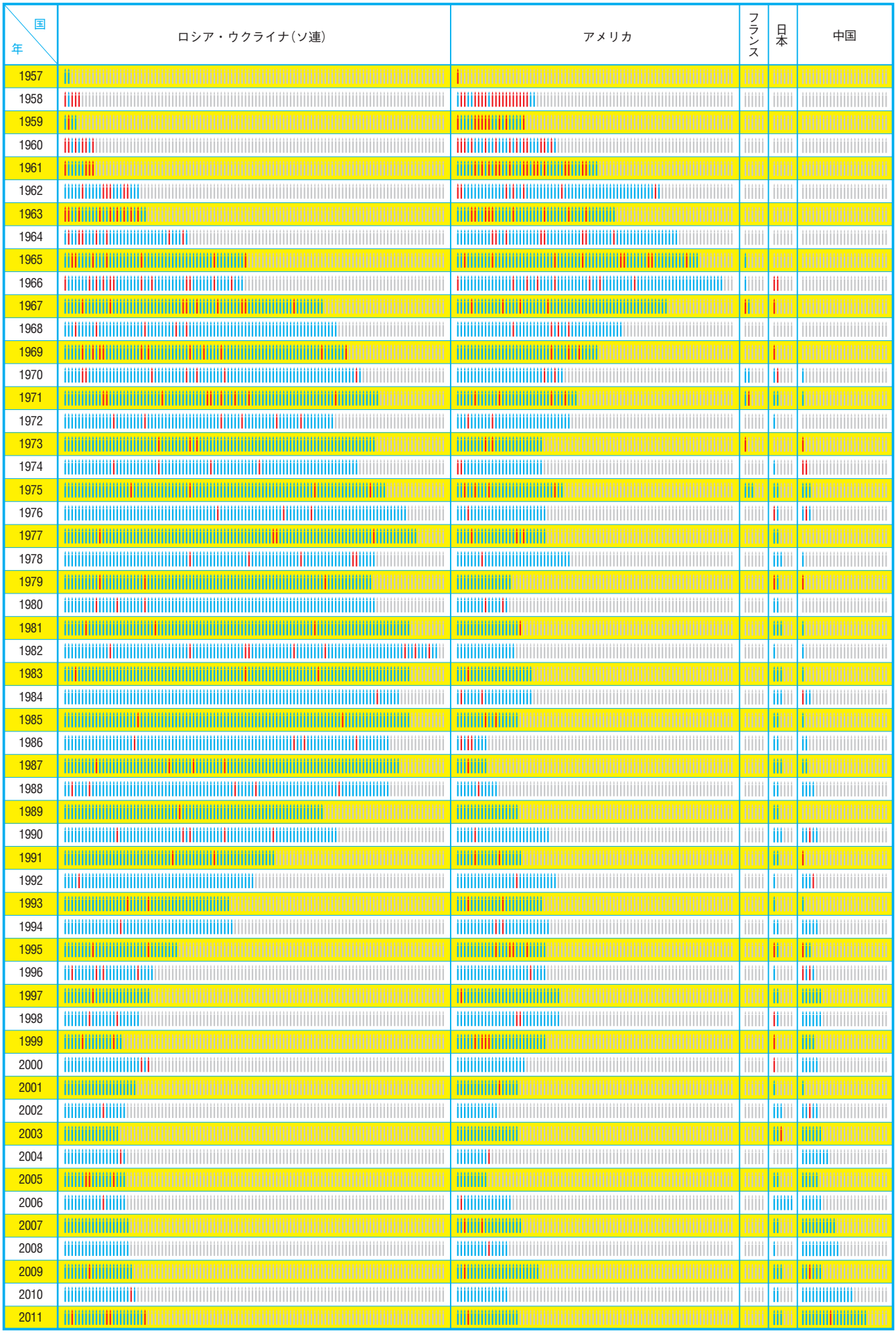


イギリス	欧州宇宙機関（ELDO、ESA）	インド	イスラエル	多国籍企業*	イラン	ブラジル	韓国	成功	総数	成功率
								2	3	67%
								7	28	25%
								14	24	58%
								19	38	50%
								31	50	62%
								68	81	84%
								52	70	74%
								85	100	85%
								108	124	87%
								110	132	83%
								124	139	89%
								118	128	92%
								109	125	87%
								112	124	90%
								118	133	89%
								104	112	93%
								110	117	94%
								105	113	93%
								124	132	94%
								124	130	95%
								123	130	95%
								121	127	95%
								104	110	95%
								103	109	94%
								121	126	96%
								119	129	92%
								124	129	96%
								125	129	97%
								120	125	96%
								102	110	93%
								108	114	95%
								114	121	94%
								101	102	99%
								113	121	93%
								86	91	95%
								93	97	96%
								78	83	94%
								88	93	95%
								72	80	90%
								69	77	90%
								84	89	94%
								75	81	93%
								70	78	90%
								81	85	95%
								57	59	97%
								61	65	94%
								61	62	98%
								50	54	93%
								51	55	93%
								62	66	94%
								64	68	94%
								66	68	97%
								73	77	95%
								70	74	95%
								78	84	93%

日本のH-IIAロケットは20機の打ち上げで19機成功し、国際的な信頼を得る基準とされる打ち上げの成功率95%を達成しました。

	成 功	総 数	成功率
ロシア・ウクライナ（ソ連）	2,762	2,962	93.2%
アメリカ	1,313	1,482	88.6%
フランス	9	12	75.0%
日本	76	88	86.4%
中国	149	164	90.9%
イギリス	1	2	50.0%
欧州宇宙機関	195	210	92.9%
インド	25	35	71.4%
イスラエル	6	8	75.0%
多国籍企業*	193	202	95.5%
イラン	2	2	100.0%
ブラジル	0	2	0.0%
韓国	0	2	0.0%
合計	**4,731**	**5,171**	**91.5%**

— 国別ロケット打ち上げ総数 —　■成功　■失敗



＊多国籍企業：インターナショナルローンチサービス社、コスモトラス社、シーロンチ社、スターセム社、ユーロコット社

有人宇宙ミッションの歩み

人類の宇宙探検は「地上からより高く上に飛びたい」「宇宙に行きたい」という願望からスタートしました。ユーリ・ガガーリンが人類初の宇宙飛行を成し遂げてから50年が経ち、宇宙に行くためのロケットや宇宙船を用いた「有人宇宙輸送システム」は飛躍的に進化しています。そして人類は次なる目標として、「この世界はどのように作られたのか？」「人類は地球上だけに存在するのか？」という答えや、誰も見たことがないモノを探しています。これからの宇宙探検を考えるにあたり、まずは有人宇宙ミッションの歴史を振り返ってみます。

1850

1865年
ジュール・ヴェルヌが本格的ＳＦ「地球から月へ」を発表。以降19世紀には月など惑星をテーマにした数多くのＳＦが誕生した。（フランス）

ジュール・ヴェルヌ「地球から月へ」

1900

1897年
コンスタンチン・ツィオルコフスキーがロケット推進に関する「ツィオルコフスキーの公式」を発表。（ソ連）

1926年
ロバート・Ｈ・ゴダードが世界最初の液体燃料ロケット打ち上げに成功。（アメリカ）

1950

1957年
世界初の人工衛星「スプートニク1号」を打ち上げ。（ソ連）

1957年
「スプートニク２号」により生物（ライカ犬）が初めて宇宙へ飛び出す。（ソ連）

スプートニク１号

1960

1960年
「スプートニク５号（コラブリ・スプートニク２号）」により初めて犬（ストレルカとベルカ）やその他の動植物の宇宙往還飛行に成功。（ソ連）

1961年
「ボストーク１号」によりユーリ・ガガーリン宇宙飛行士が地球一周（108分間の飛行）を行い、人類初の宇宙飛行を行う。（ソ連）

ユーリ・ガガーリン宇宙飛行士

1965年
「ボスフォート２号」にてアレクセイ・レオーノフ宇宙飛行士が人類初の宇宙遊泳を行う。（ソ連）

1968年
「アポロ８号」で人類が初めて月を周回する。（アメリカ）

1970

1971年
「サリュート１号」にて世界初の宇宙ステーション運用開始。（ソ連）

東西の宇宙船同士が宇宙で初めてドッキング

1975年
「アポロ・ソユーズテスト計画」により、東西の宇宙船同士が宇宙で初めてドッキング。後の「国際宇宙ステーション（ISS）」計画へとつながる。（アメリカ・ソ連）

1984年
レーガン大統領が宇宙基地計画を発表。後の「国際宇宙ステーション（ISS）」へ展開していく。（アメリカ）

国際宇宙ステーション（ISS）

1986年
スペースシャトル「チャレンジャー号」が発射直後に爆発し、乗員全員が死亡。（アメリカ）

1990

1990年
ソ連の「ソユーズ宇宙船」にてジャーナリスト秋山豊寛氏が日本人初の宇宙飛行をした。（日本）

1994年
向井千秋宇宙飛行士がペイロード・スペシャリストとしてスペースシャトル「コロンビア号」に搭乗。（日本）

1996年
若田光一宇宙飛行士がミッション・スペシャリストとしてスペースシャトル「エンデバー号」に搭乗。（日本）

1998年
「国際宇宙ステーション（ISS）」の建設が開始。ロシアのプロトンロケットにてザーリャモジュールが打ち上げられる。

2003年
スペースシャトル「コロンビア号」が大気圏再突入中に空中分解し、乗員全員が死亡。（アメリカ）

2004年
アメリカの民間会社スケールド・コンポジッツの「スペースシップワン」が民間開発の宇宙機として初めての宇宙飛行を達成。

2008年
土井隆雄宇宙飛行士がミッション・スペシャリストとしてスペースシャトル「エンデバー号」に搭乗。「きぼう」船内保管室打ち上げ。（日本）

2008年
星出彰彦宇宙飛行士がミッション・スペシャリストとしてスペースシャトル「ディスカバリー号」に搭乗。「きぼう」船内実験室打ち上げ。（日本）

2010

2010年
山崎直子宇宙飛行士がミッション・スペシャリストとしてスペースシャトル「ディスカバリー号」に搭乗。ISS滞在中の野口聡一宇宙飛行士とともに２人の日本人が同時に宇宙滞在。（日本）

1962年
「フレンドシップ７号」によりジョン・グレン宇宙飛行士が地球３周を行い、アメリカ初の有人軌道飛行に成功。（アメリカ）

1965年
「ジェミニ４号」にてエドワード・ホワイト宇宙飛行士がアメリカ初の宇宙遊泳を行う。（アメリカ）

アポロ 11 号アームストロング月面着陸

1969年
「アポロ１１号」にてニール・アームストロング宇宙飛行士が人類で初めての月面着陸を行う。（アメリカ）

1973年
「スカイラブ」にてアメリカ初の宇宙ステーション運用開始。（アメリカ）

1980

スペースシャトル「コロンビア号」

1981年
スペースシャトル「コロンビア号」が初飛行。世界初の有人再使用往還機の飛行に成功。（アメリカ）

1986年
新型宇宙ステーション「ミール」打ち上げ。（ソ連）

1988年
チトフ船長とマナロフ宇宙飛行士、365日を超える宇宙滞在新記録を樹立。（ソ連）

1992年
毛利衛宇宙飛行士がペイロード・スペシャリストとしてスペースシャトル「エンデバー号」に搭乗。（日本）

1995年
スペースシャトル「アトランティス号」と宇宙ステーション「ミール」がドッキングし、その状態で４日と21時間10分飛行。（アメリカ、ロシア）

1997年
土井隆雄宇宙飛行士がスペースシャトル「コロンビア号」に搭乗し、日本人初となる船外活動を行う。（日本）

2000

2001年
アメリカ人企業家デニス・チトー氏が自費で「ソユーズ宇宙船」に搭乗し、世界初の民間人による宇宙旅行を行う。

2003年
「神舟５号」に搭乗し楊利偉宇宙飛行士が宇宙飛行を実行。アメリカ、ロシアに続き世界で３番目に有人宇宙船の打ち上げ・運用に成功。（中国）

2005年
野口聡一宇宙飛行士がミッション・スペシャリストとしてスペースシャトル「ディスカバリー号」に搭乗。（日本）

2009年
野口聡一宇宙飛行士がフライトエンジニアとして「ソユーズ宇宙船」に搭乗。ISS第22/23次長期滞在を果たす。（日本）

古川宇宙飛行士

2011年
古川聡宇宙飛行士がフライトエンジニアとしてソユーズ宇宙船に搭乗。ISS第28/29次長期滞在を果たす。（日本）

50年間の全宇宙飛行の記録

有人宇宙ミッションの歴史は、人類の冒険と探求の歴史といっても過言ではありません。1961年、旧ソ連のユーリ・ガガーリン宇宙飛行士が有人宇宙船「ボストーク1号」に乗り、人類初の宇宙飛行を成し遂げました。以降、「宇宙を知りたい」という知的好奇心が技術を高め、人々が宇宙に行くことが可能となりました。

これまでに全世界で283回の有人宇宙飛行が行われています。国別に見ると、アメリカは335名、ロシア（ソ連）は113名、ドイツが10名、日本は9名が宇宙に飛び立っています（図1）。また、宇宙飛行を行った延べ日数は、ロシア（ソ連）が21123日、アメリカが14827日、次いで日本が615日です（図2）。日本がたった9名で615日の滞在日数を獲得した理由は、「国際宇宙ステーション（ISS）」が完成し、長期滞在が可能になったからです。

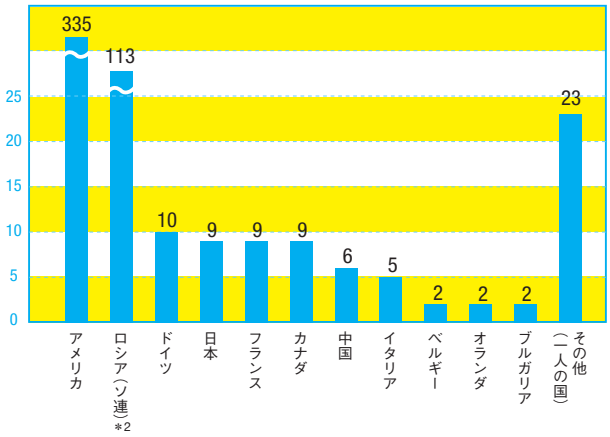
一方、有人宇宙ミッションを考える上で避けられないのが死亡事故です。1986年、NASAのスペースシャトル「チャレンジャー号」の爆発事故では7名の乗組員全員が命を落としました。ロケットの打ち上げや帰還時に起こった死亡事故は、確率にすると1.54%です（図3）。人命を第一に考えるためには事故を限りなくゼロに近づけるための研究開発が不可欠です。

ヒトは自身の力だけでは宇宙に行けません。宇宙に行くためには、最先端の技術を集結させた有人ロケットや有人宇宙船などから構成される「有人宇宙輸送システム」が必要です。しかしながら本当に重要なものは乗り物ではありません。人が宇宙でミッション（使命・目的）を達成することにあるのです。

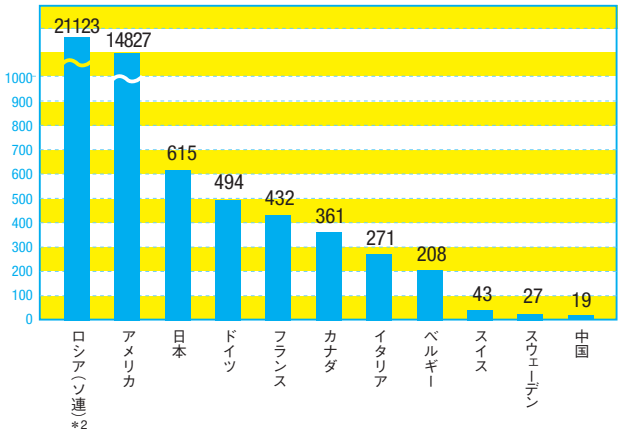
ガガーリンが人類初の宇宙飛行を成し遂げてから50年。人類が成し遂げてきた数々の有人宇宙ミッションの歴史を振り返りながら、次なる宇宙探検に期待が高まります。

国際宇宙ステーション（ISS）

— [図1] 宇宙飛行を行った人数*1 —



— [図2] 宇宙飛行を行った延べ日数*1 —



— [図3] 有人宇宙ミッションにおける死亡事故 —

有人宇宙飛行

国	期　間	有人打ち上げ回数	死亡事故	延べ人数	死亡人数	確率（死亡人数／延べ人数）
ロシア（ソ連）*2	1961年4月12日～2011年末まで	116回	2回	289人	4人	1.38%
アメリカ	1962年2月20日～2011年末まで	164回	2回	874人	14人	1.60%
中国	2003年10月15日～2011年末まで	3回	0回	6人	0人	0%
合計	1961年4月12日～2011年末まで	283回	4回	1169人	18人	1.54%

サブオービタル

国	期　間	有人打ち上げ回数	死亡事故	延べ人数	死亡人数	確率（死亡人数／延べ人数）
アメリカ	1961年5月5日～2011年末まで	5回	0回	5人	0人	0%

宇宙船別

宇宙船	期　間	有人打ち上げ回数	死亡事故	延べ人数	死亡人数	確率（死亡人数／延べ人数）
ソユーズ	1967年4月23日～2011年末まで	108回	2回	278人	4人	1.44%
スペースシャトル	1981年4月12日～2011年7月21日	135回	2回	805人	14人	1.74%
神舟	2003年10月15日～2011年末まで	3回	0回	6人	0人	0%

*1 2011年11月12日現在、「有人宇宙ミッション検討のミエル化」調べ　*2 ロシア（ソ連）にはカザフスタン、ウクライナを含む。

日本人宇宙飛行士8名の集合写真

日本人宇宙飛行士の活躍

宇宙飛行を成し遂げた日本人は、今まで何人いるか知っていますか？
また、日本人宇宙飛行士が宇宙で生活した日数はどれくらいなのか。
知っているようで知らない、日本人宇宙飛行士の本当の姿。
そんな宇宙飛行士たちの活躍を振り返りながら、次世代の宇宙飛行士の在り方について考えてみましょう。

日本人宇宙飛行士の歩み

1992年9月　毛利宇宙飛行士
日本人初の宇宙飛行士として、スペースシャトル「エンデバー号」に搭乗。日本初の宇宙科学ミッション「ふわっと'92」を実施。

1994年7月　向井宇宙飛行士
日本人女性初の宇宙飛行士としてスペースシャトル「コロンビア号」に搭乗し、微小重力科学・ライフサイエンス・宇宙医学の宇宙実験を実施。

1996年1月　若田宇宙飛行士
日本人初のミッションスペシャリストとしてスペースシャトル「エンデバー号」に搭乗。ロボットアームを操作し、人工衛星の放出・回収を実施。

1997年11月　土井宇宙飛行士
スペースシャトル「コロンビア号」に搭乗し、日本人初となる船外活動を実施。

1998年10月　向井宇宙飛行士
スペースシャトル「ディスカバリー号」に搭乗し、日本人として初めての2回目の宇宙飛行を実施。

2000年2月　毛利宇宙飛行士
スペースシャトル「エンデバー号」に搭乗し、地球の立体地図作製のための地表データを取得。

2000年10月　若田宇宙飛行士
スペースシャトル「ディスカバリー号」に搭乗し、日本人初となる「国際宇宙ステーション（ＩＳＳ）」の組み立てに参加。

2005年7月　野口宇宙飛行士
スペースシャトル「ディスカバリー号」に搭乗し、「国際宇宙ステーション（ＩＳＳ）」の組み立てに参加。計3回の船外活動を実施。

2008年3月　土井宇宙飛行士
スペースシャトル「エンデバー号」に搭乗し、「きぼう」日本実験棟の船内保管室の運搬を実施。

2008年6月　星出宇宙飛行士
スペースシャトル「ディスカバリー号」に搭乗し、「きぼう」日本実験棟の船内実験室の運搬を実施。

2009年3月　若田宇宙飛行士
スペースシャトル「ディスカバリー号」に搭乗し、「国際宇宙ステーション（ＩＳＳ）」にて日本人初となる長期滞在が実現。

2009年7月　若田宇宙飛行士
スペースシャトル「エンデバー号」にて輸送された「きぼう」日本実験棟の船外実験プラットフォームを設置し、「きぼう」が完成。

2009年12月　野口宇宙飛行士
「ソユーズ宇宙船」に搭乗し、「国際宇宙ステーション（ＩＳＳ）」の長期滞在を実施。

2010年4月　山崎宇宙飛行士
スペースシャトル「ディスカバリー号」に搭乗し、野口宇宙飛行士とともに初の日本人2名の同時宇宙飛行を実現。

2011年6月　古川宇宙飛行士
「ソユーズ宇宙船」に搭乗し、「国際宇宙ステーション（ＩＳＳ）」に長期滞在を実施。

日本人宇宙飛行士の現状

宇宙という目的地があっても、日本は宇宙に行くための「船」を持っていません。他国の宇宙船に乗せてもらわざるを得なかったために、日本の有人宇宙開発黎明期には、他国の事情に翻弄されてきたともいえます。

日本では1970年代後半にNASAスペースシャトルの利用検討が始まり、1983年12月に宇宙飛行士の募集が始まりました。選抜方法、実際の訓練など「走りながら」作りあげる日々。1985年8月に毛利衛、向井千秋（当時は内藤）、土井隆雄の3人の宇宙飛行士候補者が選ばれましたが、約半年後の1986年1月28日にスペースシャトル・チャレンジャー事故が起こりました。事故の影響もあり飛行が延期されている間に、TBS（当時）の秋山豊寛氏が旧ソ連の宇宙船に乗り日本人で初めて宇宙に飛び立ちました。ジャーナリストとして宇宙ステーション・ミールに搭乗したのです。

毛利宇宙飛行士が飛び立ったのは1992年9月12日。日本初の有人宇宙実験は大成功を納めました。1994年には向井宇宙飛行士がアジア人初の女性宇宙飛行士として宇宙飛行。84テーマもの実験を実施しました。1990年代は宇宙実験フライトが頻繁に行われ、「スペースシャトル利用の黄金時代だった」と向井宇宙飛行士は語っています。毛利宇宙飛行士が飛行した頃、それまで米国人しかなれなかったNASAのミッションスペシャリスト（MS・ロボットアーム操作や船外活動などの仕事を担当）が外国人に門戸が開かれました。若田宇宙飛行士は日本人初のMSの資格を得て、1996年1月に初飛行。2つの人工衛星をロボットアームで回収するという高度なアーム操作で、存在感を強くアピールしました。

この頃から日本人宇宙飛行士の優秀さ、実験装置の技術力の高さをNASAは認め始め、日本が関わらないNASAのミッションにも日本人宇宙飛行士が任命されるようになります。宇宙飛行士が担当する仕事のうち、船外活動は体格や技量などが認められた宇宙飛行士にしか許されません。1997年11月25日、土井宇宙飛行士が日本人で初めて、船外活動を実施しました。

1998年、国際宇宙ステーション（ISS）の建設が始まると、日本はより対等な立場で参加していきます。特に大きな貢献をしたのが若田・野口宇宙飛行士です。例えば2003年に起きたコロンビア号事故後、飛行再開には事故原因となった耐熱材を調べる検査用ロボットアームの開発が義務付けられました。この開発にNASA宇宙飛行士室のチーフとして若田宇宙飛行士が参加し、短期間で開発に成功。また、飛行再開フライトで野口宇宙飛行士は船外活動チーフとして大役を果たします。2008年6月に星出宇宙飛行士によって「きぼう」日本実験棟船内実験室が取り付けられ宇宙に日本の「家」ができると、日本人が定期的にISSに滞在できるようになりました。約1年に1回、長期滞在できる権利が得られたのです。2009年から若田・野口宇宙飛行士。そして2011年には古川宇宙飛行士が長期滞在を行い、2012年には星出宇宙飛行士が続きます。古川宇宙飛行士の宇宙滞在中、日本はアメリカ・ロシアに続いて3番目に長い宇宙滞在記録を持つ国となりました。

今後の有人宇宙開発の目標は、「船長」として宇宙飛行士チームの指揮をとることです。2013年末から宇宙飛行に向かう若田宇宙飛行士が日本の悲願を達成する予定です。

ISSは2020年まで運用される予定です。その後、ISSより遠い宇宙に向かう時代まで活躍が期待されるのが油井亀美也、大西卓哉、金井宣茂宇宙飛行士です。日本独自の有人宇宙船の舵をとるのは彼らなのかもしれません。

宇宙から帰還した、古川宇宙飛行士からのメッセージ

2011年11月、第28/29次長期滞在フライトエンジニアとして、165日にも及ぶ国際宇宙ステーション（ISS）での滞在を終えた古川宇宙飛行士。宇宙では医師としての専門知識を生かし、「きぼう」日本実験棟での科学・医学実験やISSの運用を手がけました。世界各国の宇宙飛行士からも高い信頼を得ているという、古川宇宙飛行士が日本の宇宙探検について、帰国後に語ってくれました。

「宇宙飛行士になると、世界中で訓練をする際にインストラクターや技術者、管制官など素晴らしい方々に接することができます。その経験は実際の宇宙飛行と同じくらい、大きな意義がある。また医師の仕事と宇宙飛行士の仕事は、ともにチームワークが大切な点が似ています。それぞれが自分の責任をしっかり成し遂げ、みんなが力を合わせるということ。それが宇宙飛行には必要です。

また今回の滞在では、日本製の放射線のモニター装置を使いました。他国の装置に比べ、より高性能でサイズも小さい。解析のスピードも早く、日本にしかできない技術です。これからは日本が持っている小型で高性能なモノを生み出す技術を、宇宙開発に応用できるといい。実は、宇宙と全く関係が無いと思われている技術や研究が宇宙開発のブレイクスルーになるようなアイデアの宝庫なんです。だから、より多くの人に宇宙や宇宙開発に興味を持ってもらい、専門技術の共有をするシステムづくりができればよりいいと思います。

宇宙開発は、挑戦していくことが重要です。例えば、動力による飛行機が広がった100年前、命がけで飛んだ人がいました。わざわざそんな危険なことをしなくても地上で平和に暮らせるのに、なぜ空を飛ぶ必要があるのかという議論があったはず。しかし果敢にも挑戦した人がいたおかげで、現在のように航空機で世界中を自由に飛べる社会が実現したのです。宇宙に人類が生活圏を広げるのは自然の流れ。そして、困難に挑戦することで人類や社会・産業が活性化していくのだと思います」

技術者

国際宇宙ステーションの組み立てで活躍したのは技術者たちです。宇宙に運んだ貨物を、ロボットアームを操作してドッキングさせ、船外活動で配線するなど「大工」的な仕事も行います。また10年近くも宇宙飛行士が生活し仕事をする国際宇宙ステーションでは、修理や保守点検作業も日常茶飯事。逆にトラブルがあった時こそ技術者の「腕の見せどころ」です。土井・若田・野口・星出・山崎宇宙飛行士が技術者出身です。

科学者

日本の有人宇宙開発初期には、スペースシャトルで宇宙実験を行うことが大きな目的でした。また国際宇宙ステーションでも多くの科学実験が行われています。そのため、生命科学分野や材料分野など科学者が提案する様さまざまな分野の宇宙実験の背景や目的を理解し、研究者の「手足となって」宇宙で実験を行う科学者が活躍しています。毛利宇宙飛行士は専門の化学の知識を生かし、スペースシャトルで日本初の宇宙科学ミッション「ふわっと'92」を成功させました。

パイロット

日本でもパイロット出身が宇宙飛行士に選ばれました。油井・大西宇宙飛行士です。米国もロシアも自国の宇宙飛行士にしか操縦かんは握らせません。NASAでは、スペースシャトルは軍のテストパイロット出身にしか操縦させませんでしたが、ロシアは医者出身でもソユーズ宇宙船の操縦を船長として行うそうです。油井宇宙飛行士らは、日本が今後有人宇宙船を開発・運用することになれば、パイロットの観点から大きな貢献をしてくれるでしょう。

医者

科学者の中でも高い割合で、医者が宇宙飛行士に選ばれています。宇宙空間は地上とは異なり、人間や生物の身体にさまざまな変化が起こります。そうした「宇宙医学」が大きなテーマであるとともに、宇宙に滞在中の宇宙飛行士が体調不良になったときに医者がいれば安心です。医者出身の宇宙飛行士がチームにいないときには「医療担当」の宇宙飛行士が決められ、縫合などの訓練を行います。向井・古川・金井宇宙飛行士が医者出身です。

ジャーナリスト、教師など

宇宙が一体どんなところなのか、また宇宙から見た地球を伝え、多くの地球上の人たちと共有することも宇宙飛行の大きな目的です。秋山氏は宇宙から見た地球環境をリポートしました。また、NASAでは教師の資格を持つ人を宇宙飛行士に選び、教育活動に力を入れています。

宇宙飛行士になる人とは？

一体、宇宙飛行士にはどんな分野の人がなれるのでしょうか？

現在、選ばれている世界の宇宙飛行士の前職はパイロット、技術者、医者、科学者、教育者などです。ただし、専門を持っていても宇宙ではあらゆる仕事をこなさなければなりません。技術者であっても、宇宙では科学実験を行わなければならないし、科学者であっても実験装置の修理を行う必要があるのです。「専門性を持ちつつ応用能力がある」、つまり「スペシャリストでありつつジェネラリスト（generalist）」であることが求められるのです。

パイロットの多くは軍出身です。NASAの宇宙飛行士は軍出身者と民間出身者の割合が半々です。ロシアも宇宙飛行士の選抜試験を行っていますが、一般公募でなく軍、ロケットや宇宙服を作る企業、管制センター、宇宙医学など宇宙関連機関に声をかけているようです。日本人で初めて宇宙に行った秋山豊寛氏はジャーナリスト。スペースシャトルで初めて宇宙に行った毛利宇宙飛行士は科学者です。JAXAでは5回の宇宙飛行士選抜を行い、11人の宇宙飛行士候補者を選んでいます。そこで、長年、宇宙飛行士を取材している宇宙ライター林公代さんに宇宙飛行士たちを紹介してもらいます。

第１世代　開拓者たち

毛利衛（もうり・まもる）

1948年生まれ。前職は北海道大学工学部助教授。現在は日本科学未来館館長。

1992年９月12日、日本人で初めてスペースシャトルに搭乗し、約８日間の飛行で34種類の科学実験を行いました。選ばれたのは1985年。当時のNASA宇宙飛行士の分類ではペイロードスペシャリスト（PS）でシャトルの積み荷の専門家。毛利宇宙飛行士は宇宙実験の専門家という位置付けでした。さらに飛行中「宇宙授業」を実施。無重量状態で起こる現象の面白さ、不思議さを伝え、この授業で宇宙に興味を持った子供らが今、宇宙業界で多く働いています。

毛利宇宙飛行士は、50歳でミッションスペシャリストの資格を得て、2000年の２度目の飛行で地球観測ミッションに参加しました。飛行後の記者会見で毛利宇宙飛行士が語った言葉は記者たちを驚かせます。「“地球が宇宙に浮かんでいるのは本当だろうか”という問いを抱いて、地球を見つめ続けた。90分以上集中してようやく“地球は確かにある。そして同じような球体は宇宙に存在する”と直感した」と。さらに会見後、自ら記者たちに歩み寄り「最後の発言についてどう思いましたか？」と聞いたそうです。

科学者らしからぬ発言をあえて発し、相手の心を揺さぶり、素の反応や本音を引き出そうとする。そんな姿勢は今も変わらず、日本人宇宙飛行士のパイオニアとして、宇宙経験から新たな文化を生み出し、未来につなげようと日々活動を続けています。

スペースシャトル「エンデバー号」にてライフサイエンス実験を行う毛利宇宙飛行士

向井千秋（むかい・ちあき）

1952年生まれ。前職は慶應義塾大学病院の心臓外科医。「パワフル」の一言に尽きます。２度目の宇宙飛行で一緒だったNASAのジョン・グレン宇宙飛行士（アメリカ初の地球周回飛行を達成）に、「エネルギーの塊」と呼ばせたほど。

毛利・土井宇宙飛行士が次々にMSの資格を取得する中、向井宇宙飛行士は「実験の専門家」PSに誇りを持ち、搭乗権を得るため国際競争に挑み続けました。その知識、技術、行動力を含めた人間力は高く評価され、PSとして２度の宇宙飛行、２度のバックアップ（補欠）飛行士、さらに2003年１月のSTS-107ミッション（コロンビア号最後の飛行）では米国人以外で初めて、ミッション副サイエンティストとして科学研究の取りまとめを行いました。もし向井宇宙飛行士がアメリカ人であったなら、５回は宇宙飛行に行っただろうと宇宙関係者は口を そろえていいます。

現在は宇宙医学研究に驀進（ばくしん）中ですが、宇宙開発の意味について、向井宇宙飛行士の言葉は忘れられません。「世界に紛争は絶えず、ご飯が食べられない人もいて、宇宙開発にどんな意味があるのか、日々悩む。でも医者時代、自分と同い年の患者さんが亡くなって、世の中はなんて不公平なのだろうと思いました。自分が幸運なことに元気で動けるのなら、やりたくてできなかった人の分も精一杯、自分の置かれた立場でやるべきことをやらないと、と結論を出したのです」

スペースシャトル「コロンビア号」水生動物試験装置の前に立つ向井宇宙飛行士

土井隆雄（どい・たかお）

1954年生まれ。宇宙科学研究所を経て、NASAでロケット関連の研究に従事。宇宙が大好きな少年の心のままに大きくなり、今もその夢を追い続けるロマンチスト。山梨県甲府市で過ごした中学時代、友人に誘われて天体観測に目覚めたといいます。

一方、ロケットにも興味を持ち、高校時代には天文学者になるかロケットエンジニアになるか迷った末、宇宙に出る手段を自らの手で創り出したいと、エンジニアの道に進みました。

初飛行は1997年、日本人で初めて船外活動を行い、スペースシャトルの貨物室に立ち、宇宙空間を飛行する人工衛星を素手で回収するという、難しい作業を成功させました。この飛行中、人間が宇宙でも生きていけることを実感した土井宇宙飛行士は「宇宙は私たちを呼んでいる」と表現しました。

宇宙飛行後、生命を育む地球について、また宇宙についてもっと知りたいと野菜を育て始めるとともに、ライス大学に通い、天体物理学の博士号を取得しました。「アマチュア天文家」でもあり、恒星が一生を終える時に起こす大規模な爆発現象「超新星」を発見。「超新星の発見は宇宙飛行と同じぐらいエキサイティング」とコメントしています。

2008年の２回目の飛行でISSに「きぼう」日本実験棟の船内保管室を取り付けました。現在、土井宇宙飛行士はウィーンにある国連宇宙部応用課長としてISSを世界中のあらゆる国に使ってもらおうという野心的なプロジェクトを進めています。

日本人初となる船外活動を行う土井宇宙飛行士

第２世代　世界のトップに

若田光一（わかた・こういち）

1963年生まれ。前職は日本航空の技術者。世界の宇宙関係者から「The Man（偉大な人）」と認められる、世界トップ級の宇宙飛行士。その卓越したロボットアーム操作技術や資質が認められ、NASA宇宙飛行士室のロボットアーム教官（2000年～）、マネジメント職（2010年～）を務めています。

若田宇宙飛行士の経歴には「日本初」がついて回ります。それまで外国人にほとんど門戸が開かれなかったNASAのミッションスペシャリスト（MS）の資格を1993年に取得。1996年には日本人初のMSとしてスペースシャトルに搭乗。2009年からは日本人で初めてISSに長期滞在。そして2013年からの４度目の宇宙では日本人初の船長の大役を担います。

しかし、若田宇宙飛行士が世界の宇宙関係者から「一緒に仕事をしたい宇宙飛行士」と断トツの人気を集めるのは、その技術だけではありません。飾らない満面の笑みと、相手の短所もひっくるめて受け入れる「受容の心」。つまりはその人望に自然と人が集まるのです。一方で自らには「慣れた仕事にとどまらず、環境を変えて、進化し続ける」ことを課し、努力を怠りません。

仕事のモットーは「①安全（＝死なないこと）②ミッション達成　③人生は楽しく」。宇宙の長い歴史の中で人生は短いもの。一瞬一瞬を大切にしたい。だからこそ目一杯仕事をし、目一杯、楽しむ。若田船長と仕事をする人は幸運に違いありません。

スペースシャトル「エンデバー号」のロボットアームを操作する若田宇宙飛行士

野口聡一（のぐち・そういち）

1965年生まれ。前職はIHIの技術者。とにかく器用。料理、写真撮影、文章もトークも上手で人を楽しませるのに長けたエンターテイナー。宇宙飛行士の面接では毛利宇宙飛行士を前に、本人の物まねを披露して審査員に爆笑させたという逸話を持っています。もちろん、仕事の腕前は超一流。

飛行１回目は2005年７月。2003年２月に起きたスペースシャトル・コロンビア号事故後、約２年半ぶりのスペースシャトル飛行再開とあって世界の注目を集めました。野口宇宙飛行士の担当は、宇宙飛行士なら誰もが担当したがる「船外活動」。しかも2人1組で行う船外活動のチーフとしての重責を担っていました。失敗が許されない本番に備えて、過去最高の訓練時間400時間を重ね、本番でその技量はNASAから絶賛されたとか。飛行中には、自ら開発に携わったラーメンを持参、「宇宙で初めてラーメンを食べた男」になりました。

２回目は2009年12月末から約５カ月半のISS長期滞在。仕事の合間に地球の写真を撮りツイッターで発信。災害現場やあまり知られていない「息をのむような美しい場所」を発掘し、世界各地の約25万人の人と共有しました。

野口宇宙飛行士の言葉で強烈な印象に残っているのは、船外活動時の体験です。宇宙空間は静かで生き物が動く気配のない「死の世界」と感じたといいます。ヘルメットが割れれば自分は死ぬ。死の世界に囲まれていたからこそ「地球の命の輝き」が胸を打つ。それは地球にいては絶対に味わえない感覚だと。

話し上手な野口宇宙飛行士にも、まだまだ語り尽くせない宇宙体験があるようです。

スペースシャトル「ディスカバリー号」の船外活動中に船内のクルーに手を振る野口聡一宇宙飛行士

国際宇宙ステーション（ISS）のロボットアームに把持される「トランクウィリティー」

STS-133ミッションクルーにより撮影された「きぼう」日本実験棟

第３世代　「宇宙の家」に暮らす

星出彰彦（ほしで・あきひこ）

1968年生まれ。前職はJAXAエンジニア。早い段階から宇宙飛行士になることを明確な目標に定めていた人。

子ども時代に米国に在住しており、ケネディ宇宙センターやワシントンD.C.にある航空宇宙博物館を訪ねたことで宇宙に憧れを抱いたそうです。

星出宇宙飛行士は３度、宇宙飛行士に応募しています。１度目は学生時代で、実務経験が無いため書類選考で落とされました。２度目は最終選抜で涙をのみます（この時、選ばれたのが野口宇宙飛行士）。星出宇宙飛行士はその後もJAXA職員として、宇宙飛行士の訓練や技術支援の仕事を担当。野口宇宙飛行士と共にロシア訓練にも同行しました。３度目の応募で見事、宇宙飛行士候補者に選ばれましたが「もしこの選抜で落ちても、また応募しようと思っていた」と語っています。

星出宇宙飛行士は「きぼう」開発時から関わり、「きぼう」を熟知したエンジニアとして高い評価を得ています。また一緒に飛行したNASA船長が「私より英語がうまい」というほど、英語が堪能。英語や状況判断力、深い知識などをいかし、NASAで ISS宇宙飛行士と交信を担当するキャプコムも勤めています。

2008年８月に「きぼう」船内実験室をISSに取り付けたときは、「きぼう」と書かれた暖簾（のれん）を持参し、つくばで見守ったフライトディレクターたちにも「気の利いた演出」と思わせる茶目っ気を披露。2012年初夏からは半年間の長期滞在を予定しています。

「きぼう」ロボットアーム制御ラックを船内実験室へ移設する星出宇宙飛行士

古川聡（ふるかわ・さとし）

1964年生まれ。前職は東京大学医学部付属病院の医師。専門は消化器外科。

初飛行時47歳というのは、日本人宇宙飛行士の中で最高齢です。また選ばれてから初飛行まで12年４ヵ月という期間も最長。若田宇宙飛行士は「（古川宇宙飛行士は）世界中の運用管制室や訓練教官からも厚い信頼を勝ち得たすごい宇宙飛行士」と高く評価しています。

笑顔が古川宇宙飛行士の代名詞ですが、その裏でねばり強い努力を続ける人でもあります。1999年に宇宙飛行士候補者に選ばれた後、2003年コロンビア号事故が起こり、飛行できるか否かわからず不透明になりました。そのため古川宇宙飛行士らは、搭乗の機会を増やすためにスペースシャトルのMSの資格に加えて急きょ、ロシアのソユーズ宇宙船のフライトエンジニアの取得をとることになったのです。緊急時に船長に代わって宇宙船を操縦するこの資格は、ロシア人宇宙飛行士でさえ「試験に通るまで結婚できない」といわれるほど難しいもの。訓練はロシア語で行われます。

医師である古川宇宙飛行士にとって、技術用語は難解を極めましたが「ロシア語で教官に質問を繰り返し、起きている時間はすべて勉強し」、好成績で資格を取得しました。

2011年６月から167日間の宇宙連続滞在は日本人で最長、ツイッターを使って自らの身体の変化を積極的に発信。地球に帰還後、立つこともままならず「軟体動物のよう」などと、宇宙人語録を残しています。

ISS観測用モジュール「キューポラ」の窓から外を見る古川宇宙飛行士

山崎直子（やまざき・なおこ）

1970年生まれ。前職はJAXAエンジニア。宇宙飛行士の存在を知ったのは中学３年生の時、テレビで見たスペースシャトル・チャレンジャー号事故でした。教師の仕事に憧れていましたが、犠牲になった乗組員の中に女性教師がいたことを知り、遺志を継ぎたいと決意したといいます。

宇宙飛行士に認定された後に第1子を出産し、米国やロシアなどへの長期出張が続き、家庭生活と仕事の両立に家族を巻き込み、苦労することになりました。しかし、JAXA職員によると「弱音は一切吐かず、苦労を周りの人に感じさせない」。むしろお菓子を焼いて振る舞うなど、周囲への気配りを忘れなかったそうです。

宇宙飛行は2010年４月。ロボットアームで貨物コンテナをISSにドッキングさせ、約1,000点の荷物を運搬する責任者を務めました。

宇宙の無重量状態に入って自分の体が浮かびだした時、「まるで自分の体の約60兆個の細胞の１つひとつに眠っていた太古の記憶が呼び起こされ、体中が血湧き肉躍り、活性化するように感じた」と喜びを表現しました。

2011年８月、JAXAを退職。今後は「フリーとして宇宙飛行を身近にする活動をしたい」と話しています。宇宙飛行士時代、「月で寺子屋を開きたい」と語った夢をいつか実現するのかもしれません。

「レオナルド」取り外しのため、ISSのロボットアームを操作する山崎宇宙飛行士

油井亀美也（ゆい・きみや）

1970年生まれ。前職は航空自衛隊パイロット。星空のきれいな長野県の川上村で生まれ育ち、「将来は天文学者か宇宙飛行士」を目指したものの防衛大学に入学し、いったんはその夢を諦めました。しかし、映画「ライトスタッフ」を見てその夢が再燃します。テストパイロットになれば宇宙飛行士になる機会が回ってくるのではないかと、テストパイロットに志願。空を飛びながら、いつか宇宙に行きたいという思いを抱き続けて宇宙飛行士に応募しました。

宇宙飛行士選抜では休憩時間も崩れない姿勢の良さで、早い段階から一際目立っていたとか。また閉鎖施設で１週間缶詰になった第３次選抜試験では、リーダーシップはもちろん、トラブル時にさりげなく仲間を助けるフォロワシップで高評価を得ます。

NASAの訓練時に油井宇宙飛行士が感じたのは、日本が宇宙開発先進国としてNASAやロシアと同等に高く評価されていることです。自衛隊も海外で評価されていましたが、宇宙分野での評価のされ方はまったく違うとのこと。技術を持ち、有人宇宙開発を進められる国はわずかしかありません。日本は「人類代表として」宇宙に活動の幅を広げて欲しいと熱弁をふるいます。

NASAでの呼び名は「鮫」。東日本大震災時には訓練時代を過ごした宮城県・松島基地を思いながら「訓練で何もできず申し訳なかった」と心を傷めていたとか。心優しき鮫です。

T-38ジェット練習機での飛行訓練を行う油井宇宙飛行士

地上サバイバル訓練に参加する油井宇宙飛行士

大西卓哉（おおにし・たくや）

1975年生まれ。前職は全日空空輸副操縦士。宇宙に興味を持ったきっかけは、宇宙の図鑑や映画「スターウォーズ」や「アポロ13」などの映画。休日はアルトサックスを演奏し、演劇やミュージカルを見るそうです。宇宙飛行士の選抜時には「自己アピール」の課題に「夢から醒めた夢」を一人二役で演じました。それまでの冷静なイメージを覆して自分をさらけ出し、「実は親しみやすい人だね」とチームに和気藹々とした雰囲気を生み出したとか。

一緒に選ばれた油井宇宙飛行士は大西宇宙飛行士のことを「元々副操縦士だけあってよく気がつき穏和な性格。私がリーダーシップをとっているときはフォロワシップを発揮してくれたし、もちろんリーダーシップも備えている」と評しています。

自称「楽観的な性格」で飄々としていながら、ここ一番では積極的。宇宙飛行のリハーサルといわれるNASA海底訓練にも自ら志願し、参加しました。「ポストシャトル時代を担うのは自分たちという強い気持ちで頑張っていきたい」と胸に秘めた思いは熱いようです。

T-38ジェット練習機での飛行訓練を行う大西宇宙飛行士

第15回NASA極限環境ミッション運用訓練にて、ダイビング訓練を行う大西宇宙飛行士

金井宣茂（かない・のりしげ）

1976年生まれ。前職は海上自衛隊の医師。日本人宇宙飛行士初の「めがねをかけた宇宙飛行士」。2009年２月に油井・大西宇宙飛行士が選ばれたとき、金井宇宙飛行士は補欠一番でした。半年後の2009年９月に候補者として追加採用されNASA訓練に合流しました。

元々海上自衛隊でダイバーたちの健康管理を担当していた金井宇宙飛行士。潜水艦という狭い環境で生活する時の健康管理を学ぶ過程で、宇宙医学との共通点を発見。さらに米国で潜水医学の勉強をしていた時に、潜水医学の医者がNASA宇宙飛行士になった話を聞いて、宇宙飛行士を志すようになったそうです。

座右の銘は「100％ポジティブ」。補欠一番でも宇宙飛行士に繰り上がる保証はありませんでした。しかし、自分が選ばれる可能性を信じて、英語や体力トレーニングなど自己鍛錬を続けました。

目指す宇宙飛行士像は、同じ医師出身の古川宙飛行士。「どんなにキツイ仕事でも笑顔で乗り越える強い精神力を見習いたい」と語ります。目標は宇宙で船外活動を行うことだそうです。

NASAジョンソン宇宙センターの「無重量環境訓練施設」プールにて船外活動の基本動作を確認する金井宇宙飛行士

イタリア・サルディニア島にてCAVES訓練に参加

宇宙航空研究開発機構 機関誌

JAXA's

［特別編］

JAXA's
［特別編］

JAXAの機関誌「JAXA's（ジャクサス）」より
有人宇宙ミッションに関する記事をピックアップ

JAXAのプロジェクトや研究に関する最新情報、また宇宙・航空に関わる日本各地のエンジニアたちのインタビューなどを掲載している機関誌「JAXA's（ジャクサス）」。年6回、奇数月に発行し、JAXAの各事業所や全国各地の科学館などで無料で手に入れることができます。また、自宅など指定した場所に届く年間配送の受け付けや、全ページをインターネットで閲覧することも可能です。この本では、「JAXA's」から有人宇宙ミッションに関する記事をピックアップします。

27-35 003号（2005年8月1日発行）
野口宇宙飛行士が活躍　スペースシャトル「リターン・トゥ・フライト」特集
鮮明な写真で振り返るスペースシャトル・ディスカバリー号のミッション

36-37 034号（2010年10月1日発行）
「まるごとの地球」を撮しとめた

38-41 041号（2012年11月1日発行）
“3本の矢パワー”で宇宙を目指す。

42-43 010号（2006年10月1日発行）
若田宇宙飛行士、NASA極限環境ミッション運用（NEEMO）訓練に参加
海の底で「ムーンウォーク」

44-46 023号（2008年12月1日発行）
宇宙飛行士をめざす 君たちへ 前編
毛利衛、向井千秋、土井隆雄、3宇宙飛行士 座談会

47 036号（2010年12月28日発行）
宇宙飛行士候補者　筑波宇宙センターで訓練実施

48-50 024号（2009年2月1日発行）
宇宙飛行士をめざす 君たちへ 後編
毛利衛、向井千秋、土井隆雄、3宇宙飛行士 座談会

51 028号（2009年10月1日発行）
「きぼう」完成

52-53 037号（2011年3月1日発行）
特集　2011年「きぼう」が世界で果たす役割
究極の実験室を生んだオールジャパンの技

54-55 031号（2010年3月31日発行）
宇宙機関長会議（HOA）開催
各国の機関長が語るISS計画の将来

野口宇宙飛行士が活躍
スペースシャトル「リターン・トゥ・フライト」特集

鮮明な写真で振り返る スペースシャトル・ディスカバリー号のミッション

STS-114 DISCOVERY
RETURN TO FRIGHT

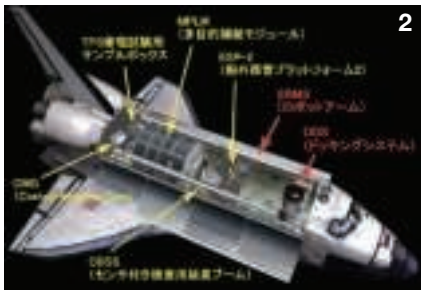
解説
若田光一宇宙飛行士

飛行再開にかけるNASAの意気込みを示すかのように、今回のフライトではきわめて大量のデジタルデータがインターネットで公開された。動画像のインターネットによる生中継はもちろん、デジタルカメラで撮影された画像もフライト中から連日ウェブサイトに公開された。
しかも、それらの写真は驚くほど鮮明なものばかり。ディスカバリー号の耐熱タイルの状態を確認するためISS（国際宇宙ステーション）から撮影された画像などはメディアでも多く取り上げられたが、その何十倍もの量の「高解像度画像」が、ウェブサイトで閲覧できるようになっている。
今回のフライトではじめて宇宙空間に持ち出されたデジタルカメラによる写真をはじめとする膨大なライブラリの中からカットを厳選し、さらに搭載機器の開発や地上支援を担当したミッションの当事者である若田光一宇宙飛行士の解説を加え、写真特集をお届けする。

“今回のフライトは、最も安全なフライトだったんじゃないでしょうか”

1

今回のディスカバリー号のミッションは、カーゴベイ（荷物室）に収められたペイロード（搭載物）に言い尽くされる。最も目立つ銀色の筒が、ISS（国際宇宙ステーション）への物資を納めたコンテナ「MPLM」。内部にはISSのための交換部品や食料などが納められている。「MPLM」の機首側には、ISSに取り付けられて曝露部（宇宙空間）での保管スペースの役割を果たす「ESP-2」と呼ばれるモジュールがある。「MPLM」の尾翼寄り左側には、耐熱タイルなどの補修テストに使うサンプルが収められたボックスが、右翼側には地球ゴマの原理でISS全体の姿勢を変えるために使う「CMG」が収められている。「CMG」の新品への交換も今回のミッションの重要な一部。カーゴベイの左側の白い棒は、もともとシャトルに装備されているロボットアーム「SRMS」だが、今回は右側に「SRMS」の先に装着して機体の腹側も含め、すべての部分を検査可能とする「OBSS」と呼ばれる検査用の子アームが収納されている。



2

今回のミッションで若田光一宇宙飛行士は、NASAの宇宙飛行士室を代表してこのOBSSの開発チームに加わり、地上支援を行った。

「レーザースキャナーを備えたOBSSを使うことで、主翼前縁と機首の、わずか0.05ミリメートルの損傷をも見逃さずとらえることができます。複雑な三次元形状の主翼前縁を、まるでバイオリンの弦を引くように検査します。これらのシステムで（機体の損傷状況が）見えすぎるくらいに見えていた。だから今回のフライトは、シャトルを取り囲むタイルなどの熱防護システムの状態を把握できるという点で、これまでにないレベルの安全性が実現できたフライトだったのではないでしょうか」（若田宇宙飛行士）　【写真：1, 2】

ミッションの目的とペイロード

ISS建設＋物資補給、そして安全性を高めるためのフライト

シャトルの耐熱部の状態を確認するため、ドッキング直前にISSから撮影された写真のうちの１枚。タイルの隙間からわずかに飛び出した詰め物（ギャップ・フィラー）まで鮮明に写っている。　【写真：3】

4

船外活動に備える野口聡一宇宙飛行士（左）とスティーブン・ロビンソン宇宙飛行士（右）【写真：4】

3

STS-114 DISCOVERY
RETURN TO FRIGHT

地上で整備中のディスカバリー号。大気圏の再突入時の高温から機体を防護する耐熱パネルや耐熱タイルは1枚1枚がオーダーメードで、合計約3万枚。OBSSを用いることで、このすべてが検査可能となった。

6

船外活動1

はじめて船外に持ち出されたデジタルカメラから鮮明な画像が届いた

スペースシャトルのカーゴベイで船外活動を行う野口宇宙飛行士。脚や背の生命維持装置の赤いラインは識別のため。

8

今回のロボットアームの操作は素晴らしいパフォーマンス

ロボットアームはモノだけでなく宇宙飛行士も運ぶ。さらに支えのない宇宙空間での、足場の役割も果たす。アームの先にいるのは、ロビンソン飛行士。今回は高解像度のデジタルカメラがはじめて軌道上に持ち出され、きわめて鮮明な写真がフライト中から地上に届けられた。ロビンソン宇宙飛行士の左腕に取り付けられた箱が、熱防護が施されたデジタルカメラ。【写真：6, 7】

9

ロボットアームの操作を担当した、ジム・ケリー宇宙飛行士とウエンディ・ローレンス宇宙飛行士。二人の中央にロボットアームを操作するための、ジョイスティックが見えている。

「ロボットアームやそれに把持されている物体は、不意の接触事故を防ぐため通常シャトルの機体構造から、2フィート以上の距離を保っていなければなりません。同時にその距離をカメラで確認できなければなりません。ロボティクスの地上管制チームが作成した手順の安全性、運用性を我々の地上検証チームがアームのシミュレーターを使って検証し、その手順を軌道上のクルーに送るわけです。この検証チームの主なメンバーは3名でしたが、シュガー、若田、ティンチという担当者の頭文字からジム・ケリー宇宙飛行士らからは“SWAT”と呼ばれるようになりました」（若田宇宙飛行士）

ISSから機体を撮影したことで、耐熱タイルの精密検査が必要となった。これは過去の飛行データから想定されていた作業で、この操作手順の地上検証もSWATチームが担当した。「2つのロボットアームの運用を担当したケリー、ローレンス、トーマス、カマーダの各飛行士の操作は素晴しく、複雑な作業を安全に手際よくこなしてくれました。」（若田宇宙飛行士）【写真：9】

7

太陽の直射をさえぎるバイザーに、野口宇宙飛行士の目から見える景色が映っている。中央にはカメラを構えたスティーブン・ロビンソン宇宙飛行士。

10

船外活動 2
地上訓練が支えた船外活動の成功

水中での実物大モデルによる訓練や、コンピューター・シミュレーションによる訓練を重ね、本番に臨んだ。

「通常のISS組み立て飛行では、軌道上での船外活動の10倍程度の時間を水中での訓練に費やします。野口宇宙飛行士とロビンソン宇宙飛行士は、訓練中からその優れた船外活動のパフォーマンスには定評がありました。今回のミッションでは、コロンビア号の事故でフライトが延びましたが、フライトを待つ間の時間を非常に有効に使い、80回近い水中船外活動訓練をこなしました。その徹底した訓練の内容はNASAにとって今回のフライトがどれほど重要であったかを示すものだと思いますし、そこまでの訓練をやりとげた両宇宙飛行士は、完璧に本番をこなしました」（若田宇宙飛行士）

「野口さんは（宇宙飛行士として訓練を重ねた）9年間の、1秒たりともムダにしていなかったんです。それが彼の船外活動のリーダーという重要な任務の見事な遂行につながったのだと思います。」（若田宇宙飛行士）　**【写真：11, 12, 13, 14】**

11

12

13

ニコン／コダック社が特別に制作したデジタル一眼レフカメラが活躍。機体が上昇中のG（加速度）フェーズの終了直後、タンク断熱材の剥離脱落部分を撮影できたのも、地上での訓練のたまもの。【写真：15, 16, 17】

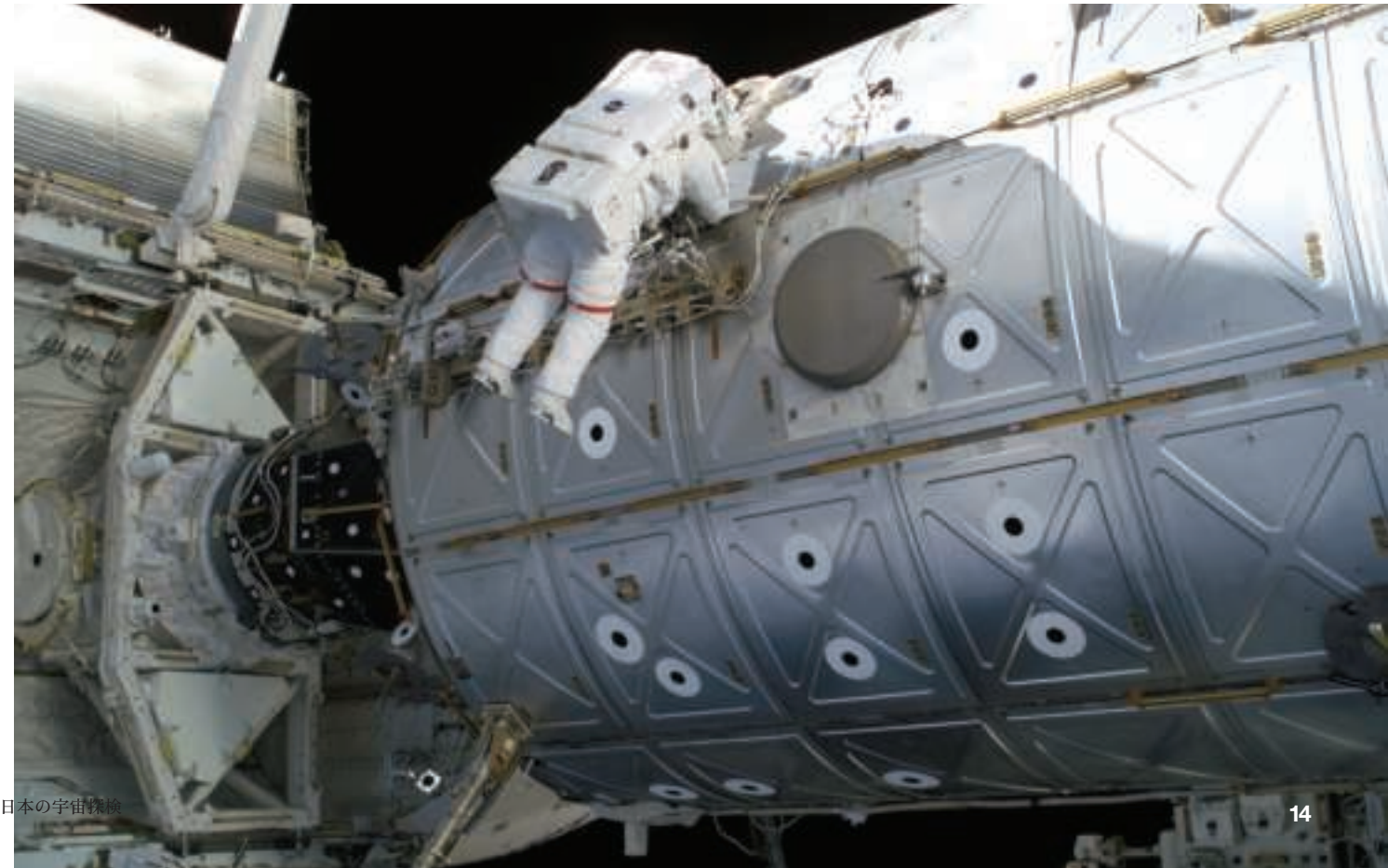
15

16

17

“野口宇宙飛行士は、9年間の、1秒たりともムダにしていなかった”

STS-114 DISCOVERY
RETURN TO FRIGHT


14

18
ＩＳＳから撮影したディスカバリー号。船外活動中の野口宇宙飛行士がドッキングポート付近に写っている。

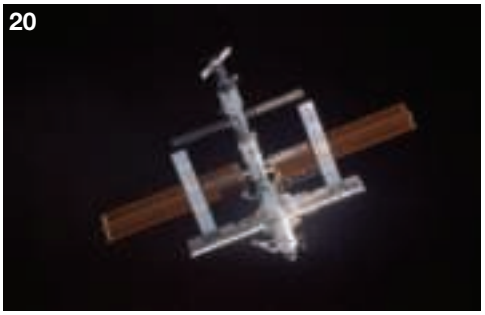
最大のミッション「帰還」

ISSクルーとともに記念写真。ビデオカメラを回している野口宇宙飛行士から右に、ウェンディー・ローレンス、セルゲイ・クリカリョフ、ジェームス・ケリー、アンドリュー・トーマス、ジョン・フィリップス、チャールズ・カマーダ各宇宙飛行士（グレーの服がISS長期滞在クルー）。左端にアイリーン・コリンズ船長で、撮影はスティーブン・ロビンソン宇宙飛行士。この9名がISSで作業に当たり、ミッション中にコロンビア事故犠牲者への追悼式なども行った。「野口宇宙飛行士は船外活動の主担当であるほかに、PHOTO/TVという映像通信機器の操作も担当しました。外部燃料タンク分離時のタンクの撮影に始まり、軌道上での様々な作業の記録映像の撮影と地上へのダウンリンク、小泉首相とのテレビ会議や軌道上記者会見時のカメラや音声機器、伝送回線の設定など、とても煩雑な作業です。3回にわたる船外活動のリーダー役に加え、その"一人テレビ局"の仕事までも、野口さんは完璧にこなしてくれました」（若田宇宙飛行士）

【写真：19, 20】

19

21


20

「無事に帰還すること」という人類社会全体に対しての大きなミッションを果たした

22

ほぼ14日間にわたるフライトを終え、カリフォルニア州のエドワーズ空軍基地（NASAドライデン飛行研究センター）に着陸。「無事に帰還すること」という人類社会全体に対しての大きなミッションを果たした。

【写真：21, 22】

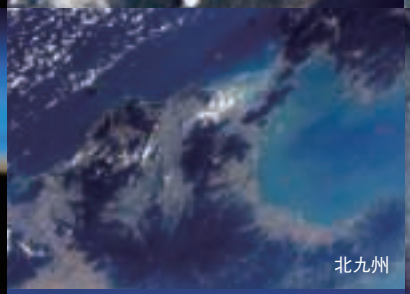
STS-114 DISCOVERY
RETURN TO FRIGHT

宇宙から見たオーロラ

山形

愛知

金星と夕焼け


北九州

筑波宇宙センターのあるつくば市

キューポラからの地球の眺め

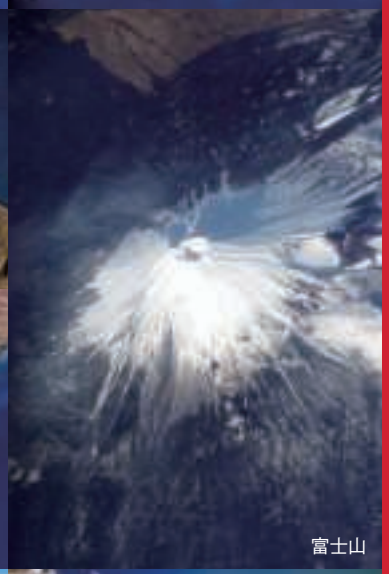
大西洋上空に発生した台風

南鳥島

種子島宇宙センターのある種子島

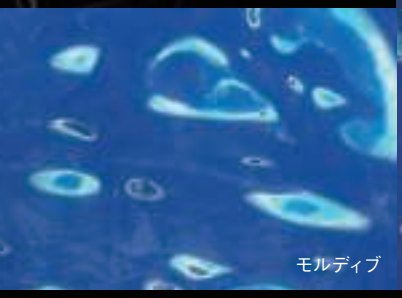
バハマ

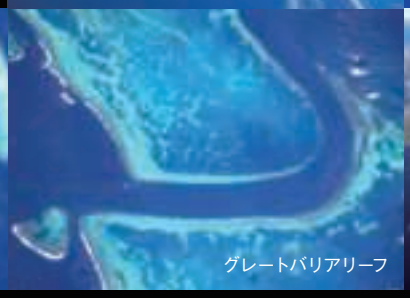
犬のような形の島（ケープタウン付近）


富士山

ケープコッド

クライストチャーチ


モルディブ


グレートバリアリーフ

エーゲ海

ネコのような形の島（地中海）

「まるごとの地球」を撮しとめた

「これから東京上空を通過します」との予告の後に、輝きながら夜空をパスする国際宇宙ステーション（ISS）。そしてしばらく後にパソコンを開くと、宇宙からの今夜の夜景を目にすることができる……。

2010年1月、野口聡一宇宙飛行士らが滞在する国際宇宙ステーション（ISS）に常時接続のインターネット回線が整備された。この回線を使って野口飛行士は、実験や設備メンテナンスなど本来業務のかたわら、過去に例がないほど大量の写真を自身の手で送り続け、世界中から熱狂的な支持を集めた。

珊瑚礁や砂州の造形の写真ならば観測衛星画像もじゅうぶんに美しい。しかしイヌやネコ、あるいはハート形など奇妙な形をした島嶼を見つけるには、それを面白がる「人間の視点」があったから。さらにはスポーツの祭典が開かれている都市を撮ってエールを送り、大災害や疫病に苦しむ街の写真に励ましのメッセージを添えたことも、共感の輪を拡げた。

個人的には500数十枚に及ぶ宇宙からの写真の中の最後が富士山であった点にとりわけ感じ入った。7名の宇宙飛行士が搭乗していたコロンビア号から最後に送られた地上の写真が、やはり美しい富士山の姿だったからだ。遺族のケアにまで関わった彼がそれを知らないはずはない。亡き同僚たちの作品へのオマージュか、あるいは再突入に向けての緊張感か。そんな覚悟までが見える富士山だった。

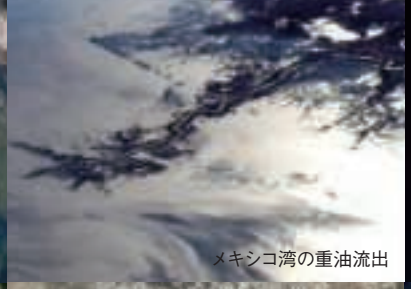
よい写真には、撮影者の想いが撮しとられているというが、これらの写真が宇宙飛行士の心持ちを想像させてくれる「よい写真」であることは、見た人なら納得いただけることだろう。

文・喜多充成

Image credit: JAXA/NASA

桜島の噴火

アマゾンの森林伐採


メキシコ湾の重油流出

地平線からの月の出

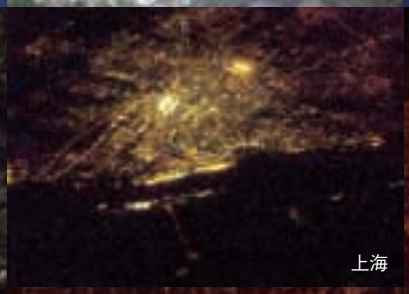
カリブ海の火山

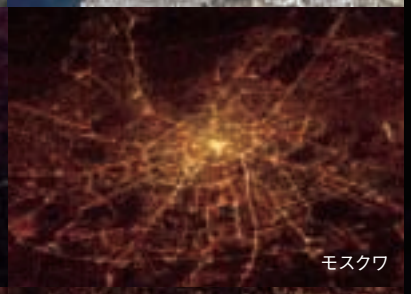
チリ地震

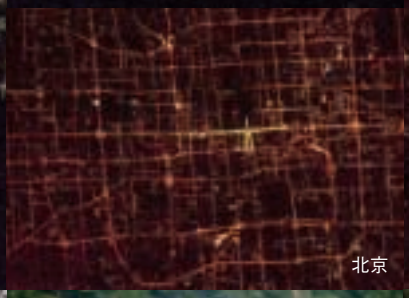
ハイチ地震

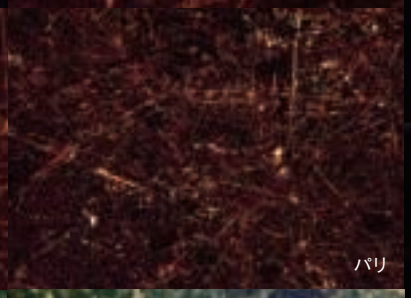
東ヨーロッパの洪水

東京


上海


モスクワ


北京


パリ

ワシントンD.C

フィレンツェ

ブルージュ

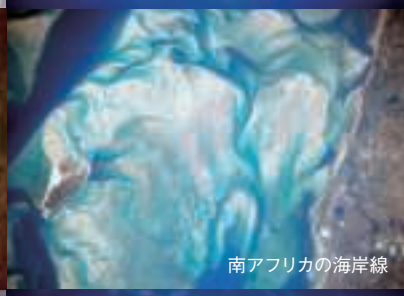
アルタイ

メコンデルタ

グランドキャニオン

カンクン

ウルル


南アフリカの海岸線

“3本の矢”パワーで宇宙を目指す。

油井亀美也
YUI Kimiya

1970年長野県生まれ。92年3月防衛大学校理工学専攻卒業。
92年4月防衛庁(現 防衛省)航空自衛隊入隊。
2008年12月航空幕僚監部に所属。
09年2月日本人宇宙飛行士候補者として選抜。
09年4月ISS搭乗宇宙飛行士候補者基礎訓練に参加。
11年7月、同基礎訓練を修了しISS搭乗宇宙飛行士として認定。

2011年7月、油井、大西、金井宇宙飛行士がISS搭乗宇宙飛行士に認定された。お互いの存在を〝3本の矢〟にたとえ、団結し、サポートし合いながら宇宙ステーションの機器操作からサバイバル実習まで2年あまりの訓練を終了した3人に、切磋琢磨して身に付けたもの、ISS滞在へ向けた意気込みを語り合ってもらった。

――NASAでのASCAN（宇宙飛行士候補者）訓練ではどのような訓練を受けてきましたか。

大西　コースのカリキュラムに沿って、船外活動（EVA）やロボットアーム操作の訓練、ISS（国際宇宙ステーション）のシステムに関する訓練、野外での研修、NASAの各施設の訪問、ロシア語の勉強などがありました。

油井　あとはT-38ジェットでのフライトや、地質学の勉強です。

――訓練が始まったのはスペースシャトルの退役が決まった後でしたね。シャトルに関する訓練はありましたか。

油井　代表的な宇宙機としてその概要を勉強しました。宇宙機の基本を学ぶにはよかったと思います。

――特に印象に残っている訓練はどんなものでしたか。

大西　私としては野外リーダーシップ訓練です。アメリカのキャニオンランズ国立公園の近くのエリアで2つのチームに分かれ、10日間、そのエリアを移動しながら活動します。日替わりでリーダーを立てて、リーダーシップを学ぶわけです。重い荷物を担いで1日中歩くというのはかなり新鮮な体験でした。

油井　航空自衛隊で経験した訓練に似たものが多かったのですが、大きなプールの中で行うEVAの訓練は初めてで、戸惑うところもありました。結構苦労しましたが、楽しかったです。

金井　私もEVAの訓練が印象に残っています。私はもともと海上自衛隊で医師としてプールの上からダイビングの指示を出していました。今度は自分が潜る側になって、いろいろ気がつくこともありましたね。

フィードバックをその場でもらい次の訓練に生かす

――先輩の宇宙飛行士からは、どんなことを教わりましたか。

大西　若田光一宇宙飛行士とは2週間に1回の定期的なミーティングがあり、訓練の状況や苦労している点について話し合う機会がありました。ほかのJAXAの宇宙飛行士の方からも自身の経験に基づいたアドバイスをもらえたのは本当によかったです。

油井　教官をやっているNASAの宇宙飛行士からも、「宇宙では実際にこういうところを注意しなければいけない」と教えてもらったり、T-38で一緒に飛んでいる間に話をしたり、ホームパーティーに呼んでもらったり、公私両面でお世話になりました。

金井　私はNASAでの部屋が、STS-114で野口聡一宇宙飛行士と一緒にEVAをしたスティーブン・ロビンソンさんと同じだったので、正式な訓練以外にもパソコン作業をしながら「あの時、聡一は大変だったんだよ」とか、「この時、俺が助けられた」とか、実際のミッション中の話を聞くことができて、とても身になりました。

ISS搭乗宇宙飛行士を目指して

油井、大西、金井宇宙飛行士は2009年から約2年間、宇宙機システムに関する基本操作訓練から宇宙科学や宇宙医学の講義、語学訓練まで、さまざまな訓練に取り組んできた。

T-38ジェットで飛行訓練

T-38は主に米空軍の戦闘機パイロット養成のために使われる2人乗りの練習機。ミッションスペシャリストは、この練習機による飛行訓練を年間100時間以上行うことが義務づけられている。パイロットは前の座席で操縦を担当し、ミッションスペシャリストは後ろの座席で地上管制官との通信やナビゲーションを担当しながら、ストレス下で複数の作業を同時に行う能力を養う。

大西卓哉
ONISHI Takuya

1975年東京都生まれ。98年3月東京大学工学部航空宇宙工学科卒業。
98年4月全日本空輸株式会社入社。
2003年6月運航本部に所属。
09年2月日本人宇宙飛行士候補者として選抜。
09年4月ISS搭乗宇宙飛行士候補者基礎訓練に参加。
2011年7月、同基礎訓練を修了しISS搭乗宇宙飛行士として認定。

大西　STS-120とSTS-130で飛んだジョージ・ザムカ宇宙飛行士とT-38での訓練で一緒だった時、フライトが終わった後、「今日のフライトについてコメントもらえますか」と聞いたら、そういう姿勢をもつことが大事で、フィードバッグをもらうようにしていると絶対いい宇宙飛行士になるというアドバイスをもらいました。それから、ずっと実践しています。

3人で支え合い課題を乗り越える

――NASAの施設を訪問して印象に残っているのはどこですか。

油井　私は、惑星探査を行っているパサデナのジェット推進研究所です。子供のころ、ボイジャー探査機が撮った写真を見て、すごいと思っていましたから。ボイジャーからはまだ電波が届いているという話を聞いて、NASAのパワーを改めて感じました。

金井　やっぱりケネディ宇宙センターですね。何回か行く機会があったのですが、一度、打ち上げ直前のアトランティスの前まで連れて行ってもらって、非常に感動しました。

大西　私もケネディ宇宙センターです。スペースシャトルを手の届く距離で見られたのはすごく印象的でした。

――お話をうかがっていると、バックグラウンドが違うところもあるし、共通しているところもある3人が、とてもうまい組み合わせで訓練に臨めた気がしますがいかがですか。

大西　まさにその通りだと思います。〝3本の矢〟ではないですが、3人で相談すればだいたい解決するというか、3人いたというのはすごく心強かったです。

油井　金井さんが加わってくれた時は本当にうれしかったですからね。

大西　訓練スケジュールが微妙に3人で違っていて、先にその訓練を済ませている人が必ずいるので、その人をつかまえて、どこでつまずいたのか、どこに気を付けないといけないか、事前に情報収集するんです。逆に、3人の中で一番最初に自分が訓練に入る時はきついですけどね（笑）。

――ASCANクラスにはアメリカとカナダの宇宙飛行士候補者がいましたが、皆仲が良さそうでしたね。

大西　筑波宇宙センターに来た時は、カラオケで盛り上がりましたよ。

金井　訓練で求められるレベルは非常に高く、みんな一生懸命勉強しました。そういう環境がクラスの団結心を強めたのではないかと感じています。

ISS長期滞在に向けてここからがスタート

――宇宙飛行士としての今後の目標についてうかがいたいと思います。

大西　引き続きISSの長期滞在に向けて、今できることをやっていきたい。それと、これからはNASAの中でジョブ・アサインメントといって、実際の業務に携わる機会が与えられます。マネジメントやリーダーシップを学ぶ機会にもなると思いますので、与えられた仕事を着実にやって行きたいと思います。

油井　訓練を受けて、身に付けなければいけないことが山ほどあることが分かりました。これからもいろいろな訓練に参加して能力を高め、実際に宇宙で人々のためになる仕事をしたいと思います。それからとても個人的なことになってしまいますが、訓練期間中はずっと単身赴任でした。これからは家族を大切にしながら宇宙飛行士としての目標も高く持ってやって行きたいと思っています。

金井　2年間訓練を受けて、ようやくスタート地点に立ったかなという感じがしています。さらに知識や技量を伸ばしていかないとい

ロボットアームの操作訓練

ISSのロボットアームの運用に必要な知識を習得するため、システム概要や、ロボットアームの構造・設計概念、ロボットアームに取り付けられたカメラの操作方法、宇宙ステーション補給機「こうのとり」の把持およびリリース操作などについて、シミュレーターでの実技や講義、模型を使用したイメージトレーニングを行う。

巨大プールを使った船外活動訓練

ジョンソン宇宙センターにある無重量環境訓練施設には、縦60m、横30m、深さ12mのプールにISSの模型が沈められている。宇宙で着るのと同じような宇宙服に重りをつけてプールに潜り、水から受ける浮力と重力をバランスさせて「中性浮力」の状態を作り出す。船外活動を最初から最後まで通しての訓練では、6時間以上潜って活動することも。

出典：JAXA/CSA

金井宣茂
KANAI Norishige

1976年千葉県生まれ。2002年3月防衛医科大学校医学科卒業。
02年4月～ 防衛医科大学校病院、自衛隊大湊病院、自衛隊呉病院、等。
09年6月海上自衛隊第一術科学校衛生課に所属。
09年9月日本人宇宙飛行士候補者として採用。
ISS搭乗宇宙飛行士候補者基礎訓練に参加。
2011年7月、同基礎訓練を修了しISS搭乗宇宙飛行士として認定。

けません。NASAでの仕事を一生懸命やって、宇宙でのミッションとはどういうものなのかをきちっと把握し、自信を持って仕事ができるレベルに達しないといけないと考えています。

日本のもつ可能性を宇宙を通じ伝えていきたい

――当面の目標となると、やはりISSの長期滞在だと思います。古川聡宇宙飛行士のISSでの活躍をご覧になって、どのように感じていますか。

大西　分刻みのスケジュールですから、すごく大変だろうと思います。その中で頑張っている様子がツイッターなどからも感じられます。

油井　ロシアでの訓練の合間にヒューストンに戻ってきた時、相談に乗ってもらったことがありました。疲れていると思うのですが、古川さんはいつも笑顔で、私たちも安心して話ができました。

金井　古川さんのようにどんなにつらくても笑顔を絶やさず、分刻みのスケジュールでもバリバリ仕事をこなすことを目指していかなければと思います。

――金井さんは古川さんと同じ医師としてのバックグラウンドがあるわけですから、地球に帰ってきたら聞きたいことがたくさんあるのではないですか。

金井　打ち上げ前はなかなか話をする機会がありませんでした。自分の専門をどうやって将来のミッションに生かしていけばよいのか、勉強しなければいけないと思っていますので、古川さんから話が聞けるのが楽しみです。

――最後にもう1つ質問させていただきます。日本はまだ大震災からの復興の途中です。JAXAの宇宙飛行士として、日本の若い人たちや子供たちに伝えていきたいと思っていることはありますか。

大西　今自分がやらなければならないことを一生懸命やる大切さを伝えていきたいです。これからは子どもたちと顔をあわせて話をすることもたくさんあると思いますので、そういう機会を大事にしたいと思っています。

油井　アメリカにいて思ったのですが、アメリカに行ったからこそ分かる日本の良さがいっぱいありました。私たちには大きな可能性があるんだということを知ってほしいですね。

金井　油井さんと一緒ですが、加えて、日本の技術はNASAでも非常に高い評価を受けていると強く感じました。そういう分野の勉強や研究を続けて道を拓いていけるように自分も頑張るし、若い人たちにも頑張ってほしいということを伝えていきたいです。

無重量体感訓練

KC-135という大型のジェット機を使った訓練。無重量環境のもとで、空間認識や身体動作の変化、物理現象について理解する。一度の飛行で30～40回のパラボリックフライト（放物線を描く飛行）を行い、1回あたり約20秒間の無重量環境を体験する。

野外リーダーシップ訓練

宇宙飛行で重要な自己管理やリーダーシップ、フォロワーシップなどのチームワーク、状況に応じた判断方法などを理解・習得するための訓練。訓練中は、参加したメンバーの中で毎日リーダーを交替し、全員で協力しながら野外生活を送る。写真は米国ユタ州のキャニオンランズ国立公園周辺で行われた時のもの。

地質学研修

地球観測の基礎や、将来の探査ミッションを見据えた実地研修。断層の観察や重力測定による地層調査、岩石の分析などを通して、地質学の知識を深める。

ロボットアームの操作訓練以外の画像出典：JAXA/NASA

海の底で「ムーンウォーク」

若田宇宙飛行士、NASA極限環境ミッション運用（NEEMO）訓練に参加

なぜ海底で宇宙の訓練？

NASAの極限環境ミッション運用（NASA Extreme Environment Mission Operation：NEEMO）訓練は2001年から始まり今回で10回目。海底約20mに設置された、米国海洋大気庁（NOAA）の海底研究室「アクエリアス」に複数のメンバーが約1週間生活し、さまざまなミッションを行う。

ここはいわば「海底の宇宙基地」。外界と隔離された環境で限られた水や食料でくらす。室内にはカメラが設置され、アクアノートたちは管制室からモニターされている。

しかし、なぜわざわざ海底で訓練をするのだろう？

その目的の1つは「チームワーク」を磨くこと。同じメンバーで長期間、閉鎖環境で過ごさなければならない宇宙船の中では、「チームワーク」がミッションの成否を大きく左右する重要な要素となる。

そこでNASAでは夏や冬の山中で、重い荷物を背負ってチームで縦走するなど、ストレス環境下での訓練を行っている。それを発展させたのがNEEMO訓練だ。

山でストレスを感じた場合、少しの時間でも隊列を離れることができる。完全な閉鎖空間ではないからだ。しかし海底では逃げ場はない。海に出るには潜水のための準備が必要だし、常にモニターされている。精神的なプレッシャーは他の訓練に比べて格段に高い。その中で、リーダーシップやチームワーク、自己管理などの能力を向上させようというのだ。

これまでNEEMO訓練に参加した宇宙飛行士の中には、訓練終了後に国際宇宙ステーションに搭乗した宇宙飛行士も多い。今回、若田宇宙飛行士はコマンダー（チームリーダー）としてNASAから指名された。日本人の参加は初めて、外国人で2人目。チームは他に2人のNASA宇宙飛行士を含む総勢6名となった。

月で着る宇宙服の重心は？

訓練では7月22～28日の約1週間にわたって、アクエリアスで生活し、将来の月・火星ミッションのための試験を連日行った。

内容は大きく分けて2つ。1つは、NASAが開発中の月・火星探査で着る次世代宇宙服のための試験。もう1つはローバーを使った探査の試験だ。

アクエリアスの中でデータに目を通す若田飛行士。アクエリアスの中は2.5気圧に保たれている。アクエリアスの外は海底20mなので2気圧。（提供：NASA）

海底を月面に見立ててローバーを使った探査実験。ローバーの操作は同行するアクアノートは行わない。ヒューストンから、あるいはアクエリアスから遠隔操作を行った。（提供：NASA）

アクアノートという言葉を知っていますか？宇宙飛行士を意味するアストロノートに対し、海底で訓練する人たちを呼ぶ言葉だ。若田光一宇宙飛行士は7月22日から約1週間、フロリダ州キー・ラーゴ沖の海底で行われたNASAの訓練に参加。6人のアクアノートのコマンダーとしてチームをまとめ、将来の月・火星ミッションに備えた試験を行った。

地上に戻る準備をするNEEMO10のアクアノートたち。2.5気圧の船内から1気圧の地上に戻るために、酸素マスクをつけて1気圧に戻す。(提供：NASA)

まず宇宙服について。月や火星で使う宇宙服の重心位置が、どこにあると作業がしやすいかをチェックした。たとえば月で岩石を拾ったり、誤って倒れて起き上がろうとしたりする場合に、重心位置がどこにあれば作業効率がよく、疲労が少ないか等を実際に試してみるものだ。

具体的には、足に鉛プレートの入ったブーツをはき、全身にポケットが数か所ついたつなぎを着て、ポケットに入れるおもりの数で、月の重力（6分の1G）や火星の重力（8分の3G）を作り出す。そして背中に、生命維持装置を模擬した金属のフレームを背負う。このフレームの重心位置を6通りに変えながら、倒れたり起き上がったり、はしごを登ってみたりして、どの重心位置が活動しやすいかをチェックした。

若田宇宙飛行士は「われわれが訓練してきた船外活動は無重力で行うもの。だから移動には手を使っていた。今回は初めて海底を『歩く』動作をして、とても新鮮でした」と月面旅行を楽しんだようす。

月面でマッピング

もう1つはローバーを使った探査実験。アクエリアスを月着陸船とした場合に、後続の飛行士のために着陸船のまわりがどうなっているか調べ、地図を作る必要がある。そこでローバーを使って探査の手法を確立するための試験を行った。

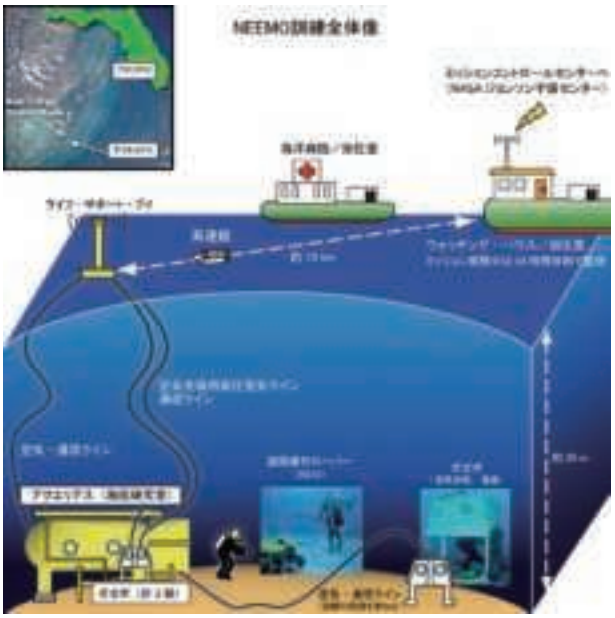
たとえば、アクエリアスの近くにあるさんご礁を月の岩に見立てて探査。アクアノートに発信機をもたせて、さんご礁のまわりを1周する。すると管制室には、アクアノートが動いた軌跡が表示され、さんご礁の方向や大きさがわかる。それを人だけでやったり、人とローバーの両方でやったり、さまざまな手法で行ってみた。

コマンダーの役割を終えて

若田宇宙飛行士はコマンダーとして、クルーひとりひとりの時間割の作成から作業のチェック、外部との調整など、過密なスケジュールの中でチームをまとめた。

NEEMO訓練に同行し、ヒューストンの管制室で訓練をモニターしていた有人宇宙技術部の山方健士さんに、若田宇宙飛行士のようすをたずねると、「しっかり仕切ってましたよ。クルーたちの意見を取りまとめて、プロジェクトチームと交渉して。子どもたちの要望を聞いて調整するお父さんみたいでした（笑）」とのこと。ではメンバーがストレスを感じているようすは？「なかったようですね。ナイトダイビングで気晴らしをする機会もあったし、チーム構成もよかったのかもしれない。あとは若田さんの明るいキャラかな（笑）」。

NEEMO10のウエブサイトにはアクアノートの日記が掲載されている。その6日目に「Koichi（光一）が夜遅くまで働いていた」と特筆されている。持ち前の勤勉さと明るさでミッションを成功裡に導いた若田宇宙飛行士。「機会があれば国際宇宙ステーションの長期滞在を経験したいし、月でも火星でもさらに小惑星でも、参加できるならどんなミッションでも参加したい。」次のチャレンジへの想いを胸に、着実に訓練を重ねている。（取材・文／林公代）



▲NEEMO訓練全体像。海底のアクエリアスへのコマンド（指令）はヒューストンのジョンソン宇宙センターにあるミッションコントロールセンターから送られてくる。ヒューストンではキャプコム、ローバー担当者など計6人で運用。

▶海底での船外活動。生命維持装置を模擬した背中の金属フレームは、重心位置を6通りに変えられる。また宇宙服にはおもりを入れるポケットが数か所あり、おもりを入れる位置を変えて、どこを重くすれば疲労度が少ないかも調べた。(提供：NASA)

君たちへ 前編

このほど発表された山崎直子宇宙飛行士のスペースシャトル搭乗は、2人目の日本人女性ということもあり、ニュースとして大きく取り上げられました。今年の土井隆雄、星出彰彦、両宇宙飛行士による「きぼう」組み立てミッションに続き、来年は若田光一、野口聡一の2人の宇宙飛行士による国際宇宙ステーション長期滞在も予定されています。日本人宇宙飛行士のフライトが、ここに来てようやく頻度を増し、日常的なものへと一歩ずつ近づいてきたと言えます。そこで今回は、日本人宇宙飛行士の原点とも言うべき1985年の第1次選考で候補者に選ばれ、その後現在までの23年間でそれぞれ2回のフライトを体験した毛利衛、向井千秋、土井隆雄の3人の宇宙飛行士に集まってもらい、「宇宙飛行士になるというのは一体どういうことなのか」をテーマに座談会を企画しました。来年新たに誕生する宇宙飛行士候補者たちへのメッセージの意味合いも込め、選考当初の心境なども話してもらっています。今回は、その前半部分をお届けします。

（司会：的川泰宣・JAXA技術参与）

ただ応募したことがうれしいという単純な気持ち

的川　JAXAでは今、宇宙飛行士を募集していて、3月には新しい宇宙飛行士が誕生する予定です。そこで今日は皆さんに集まっていただいて、一番の先輩たちから彼らへのメッセージをいただきたいと思います。そうは言っても、いきなりメッセージでは味気ないので、3人が初めて日本の宇宙飛行士になった頃のことからお話をうかがいたいと思います。

毛利　3人で一緒に対談するのは、大澤理事長（大澤弘之・元NASDA理事長）が本を出した時以来じゃないですか。

的川　『日本ロケット物語』。

毛利　あっ、そうです。20年くらい前かな。

的川　ずいぶん昔ですね。ところで、最初にうかがいたいのは、宇宙飛行士に応募した時の気持ちです。覚えていますか？

毛利　最近、そういうことを聞かれることもなくなりましたが、思い出してみると、1983年の12月から翌年1月末が申し込み期間だったんですが、その前に8月の毎日新聞に宇宙飛行士募集というニュースが出たんです。それをたまたま見つけて、すごいと思って応募したんですけど、選ばれるということはまったく考えていませんでした。ただ応募したということがうれしいという単純な気持ちでした。

的川　しかし、例の、子どもの頃にテレビ画面の中のガガーリンと一緒に撮った写真があったということは、その頃から宇宙飛行士になりたいという気持ちはあったんでしょう。

毛利　あの写真は、宇宙飛行士に選ばれて報道の方から「子ども時代はどうだったのですか」とすごく質問されるので、昔のアルバムを全部見ていたら、たまたま見つかったんです。中学生の頃は、宇宙飛行士の切手をたくさん集めていました。それから宇宙に関する新聞記事も。

的川　宇宙への思いというのが潜在的にあって、それで募集があるとわかったら、すぐに応募した。

毛利　そのとおりです。

まさか日本人が宇宙に行けるなんて思わなかった

的川　向井さんはガガーリンが宇宙を飛んだ時に何か思ったことはあるんですか。

向井　私は感激屋ですから、ガガーリンが飛べば伝記を読み、テレシコワが飛べば伝記を読んでいました。だけど当時は、まさか日本人が宇宙に行けるなんて思わないじゃないですか。だから自分が宇宙飛行士になりたいなんていう、今の子どもたちがもつような夢はありませんでした。「向井さんはいくつの時に宇宙飛行士になりたいと思ったんですか」とよく聞かれますが、だいたいみんな、小さい頃の5歳とか6歳のころとか

宇宙飛行士をめざす

毛利衛、向井千秋、土井隆雄、3宇宙飛行士 座談会

毛利衛宇宙飛行士

1948年生まれ。北海道大学理学部化学科卒業。
フリンダース大学博士課程修了。北海道大学助教授を経て、
85年搭乗科学技術者（PS）に選定。92年、
エンデバー号に搭乗して「ふわっと'92」
宇宙実験（STS-47）。98年、搭乗運用技術者（MS）の
資格を取得。2000年、エンデバー号にMSとして
搭乗（STS-99）。同年10月～日本科学未来館初代館長。
理学博士。学術会議会員。東京工業大学連携教授。

向井千秋宇宙飛行士

1952年生まれ。慶応義塾大学医学部卒業。
医師免許取得。同大学博士号取得。
85年、毛利衛、土井隆雄と共にPSに選定。
94年、第2次国際微小重力実験室（IML-2）計画の
PSとしてコロンビア号に搭乗（STS-65）。98年、
NASAのジョン・グレン宇宙飛行士らと共にPSとして
ディスカバリー号に搭乗（STS-95）。
2004～07年、国際宇宙大学の修士コース客員教授。
07年～有人宇宙環境利用ミッション本部
有人宇宙技術部 宇宙医学生物学研究室 室長。

土井隆雄宇宙飛行士

1954年生まれ。東京大学工学部航空学科卒業。
同大学大学院博士課程修了（宇宙工学）。
毛利衛、向井千秋と共にPSに選定。96年、
MSとして認定。97年、コロンビア号に搭乗（STS-87）。
日本人宇宙飛行士として初めての船外活動。
2008年3月、エンデバー号に搭乗し、
「きぼう」船内保管室をISSに取り付け（STS-123）、
ロードマスター（物資移送責任者）としてスペースシャトル／
ISS間の物資移送作業の全体を取りまとめた。
ライス大学大学院博士課程修了（天文物理学）。

そういう答えを期待しているんです。でも私の場合、32～33歳でした。募集の記事を見た時に驚いちゃったんですよ。宇宙飛行士ってアメリカやソビエトの軍人の仕事かと思っていたら、日本人で男女は問わない。すごいなと思って、そこからですよ、宇宙に行ったらどういうふうに地球が見えるんだろうとか、重力が無いところって面白いだろうなとか思い始めた。

的川　土井さんはいつ頃から宇宙飛行士になりたかった？

土井　あまり覚えてないんです。

向井　ずっと小さい頃からだって言っていたじゃないですか。宇宙の果てまで行きたいと言うので、どこまで行きたいかと聞いたら……。

毛利　帰って来なくてもいいと言っていた。

土井　そう、中学生の時に星を見始めて、宇宙に探検に行ってみたいと思っていましたが、具体的にどうやって行くかというところはずっと見えていなかった。そこで大学に入って自分でロケットを作ろうと思ったくらいだから。ちょうど大学を卒業して宇宙飛行士の募集が始まって、すごい、もしかしたら本当に宇宙に行けるかもしれないなと思いました。

お手本がない。だからどの訓練も面白かった

的川　宇宙飛行士に合格した後で、「予想とだいぶ違っていたな」と感じたことはありましたか。

毛利　もちろん、たくさんありました。私たちは第1期生だったので。びっくりしたのは、宇宙飛行士に受かった後、赤坂プリンスホテルで赤じゅうたんのところに行ったら、すごい数のテレビカメラと記者が並んでいた。

向井　あの時は皆に会わないようにと通用門から調理室やリネンの横を通って誘導されて、ドアを開けたら、フラッシュをパシャパシャパシャとすごい勢いでたかれ

的川泰宣技術参与

て、目がくらみそうでした。

的川　一挙にそうなったんですね。その後はいかがでしたか。

毛利　訓練計画がちゃんとできているものだと思っていたら日本としては経験が無いので、試行錯誤で訓練チームと一緒になってつくっていったようなものだよね。

向井　前の人からの情報って何もないんです。お手本がない。だからどの訓練も面白かった。ただその後、86年1月にチャレンジャー事故が起こって、予定が立たなくなってしまいました。本当だったらNASAのマーシャル宇宙飛行センターに行って訓練を続けるはずだったのが、明日やることがなくなってしまった。スペースシャトルの飛行が中断され、日本の計画もホールドされちゃった。それで私たちは自分の専門に合わせてそれぞれ留学したんです。私の専門は医学で、宇宙医学を勉強したいと思っていたので、ジョンソン宇宙センターにいました。

的川　チャレンジャーの事故で、おそらく3人のフライトがかなり延びるなという感じがしたと思います。その時は正直言うとどういう気持ちだったですか。

土井　シャトルがいつ飛ぶかはわからない、もう飛ばないかもしれない、すごい不安定な感じでしたよね。でも、私たちは絶対飛ぶということを前提として、向井さんが言ったように、シャトルが再会されるまでは自己研修ということになりました。ぼくは、コロラド大学に宇宙の流体現象の研究に行きました。

向井　シャトルは2年8か月飛ばなかった。再開したSTS—26のフライトの時、私は医師団のメンバーとしてモハーベ砂漠のバンデンバーグ基地でランディングを待っていたんです。シャトルが帰ってきたのを見た時は、みんな泣いていましたね。みんなが泣いていることに気がついたら、私も泣いていた。

毛利　そう、あの時は当時のブッシュ副大統領が来ていた。土井さんもあの時、一緒に行ったんだっけ。

土井　一緒に見ましたよ。シャトルが頭の上に飛んで来て、バーンバーンとソニックブームが聞こえて、皆すごい歓声を上げました。本当にお祭りだった。

シャトルは落ちちゃったし、どうなるんだろうと…

向井　私があの頃つらかったのは、有人のロケットをもっていない国が有人宇宙飛行を始めたといって、私たちがNASAに入っていったでしょう。NASAの連中から見ると、自分たちの座席を取りにきている、おびやかしている、そういう感覚だったんですよ。スペースラブの座席は1つしかないし、シャトルは落ちちゃったし、これどうなるんだろうと思いましたね。

的川　今の向井さんの言葉にあった、日本が輸送手段をもたないで有人のプログラムを始めたという点についての感想はどうですか。

毛利　それは、日本では無理だと思っていたので、アメリカと一緒に組んでやるというのは初めから受けいれていました。

的川　土井さんは？

土井　本来、やり方は逆ですよね。まず自分で打ち上げロケットをもつべきですが、あの頃のNASDAのロケットの輸送能力から言って、有人飛行がいきなりできる状態ではない。そういうところでとりあえず有人をやろうとすると、アメリカのスペースシャトルに乗るという発想になるわけです。それは別に悪いとは思わない。結果的に日本で有人宇宙開発を始めるよい時だった思います。でも、これからもNASAばかりに頼ってはいけない。

向井　スペースシャトルに乗るのは全然問題ないんだけども、あの時は座席は1回きり。計画を立てて、戦略的に何かをめざしているというようなものはなかった。

毛利　実際には国際宇宙ステーション計画がもう始まっていた。一応スケジュールとしてはあったんだけど、シャトルの具体的なものが見えてこなかったね。（以下、次号）

1 第1次材料実験(FMPT)日米合同訓練にて
2 PSとして訓練中の様子
3 「きぼう」の船内実験室のモックアップ内で

運用管制室のモニター前にて

宇宙飛行士養成棟の無重量環境試験システム(無重量環境試験棟)を見学した金井宣茂(左)、大西卓哉(中央)、油井亀美也(右)候補者。有人宇宙技術部皆藤達也主任開発員から説明を受けた

宇宙飛行士候補者 筑波宇宙センターで訓練実施

NASAが行っているASCAN(Astronaut Candidate:宇宙飛行士候補者)訓練の一環として、JAXAの油井、大西、金井候補者をはじめとする14名の宇宙飛行士候補者が筑波宇宙センターで訓練を行いました。

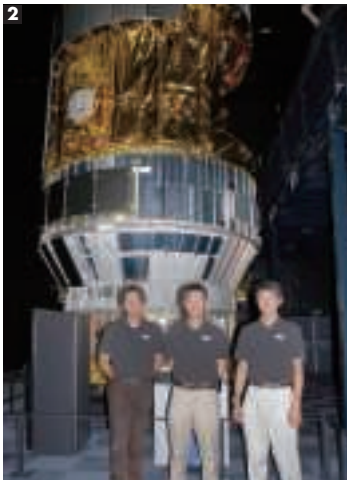
2010年10月25日から29日まで、NASAの09年度宇宙飛行士候補者クラスの14名全員が、筑波宇宙センターを訪れました。このクラスには油井亀美也、大西卓哉、金井宣茂の3名のJAXA宇宙飛行士候補者、CSA(カナダ宇宙庁)の宇宙飛行士候補者2名が含まれています。

10年5月にはESA(欧州宇宙機関)の宇宙飛行士候補者6名が来日していますが、日本人宇宙飛行士候補者以外のNASAの09年度宇宙飛行士候補者が来日したのは初めてのことです。

宇宙飛行士候補者は事業推進部の上野精一部長からJAXAの組織、歴史、長期ビジョン、プログラム等について講義を受け、JAXAへの理解を深めました。また、宇宙飛行士養成棟の無重量環境試験システム(WETS)を見学し、JAXAで行なわれてきた無重量環境を模擬した試験や訓練について説明を受けました。

今後シリーズ化して打ち上げられる宇宙ステーション補給機「こうのとり」(HTV)についての基礎知識を得るため、宇宙飛行士候補者全員が、HTVプロジェクトチームの佐々木宏ファンクションマネージャからJAXAのロケットの歴史とHTVについての講義を受けました。さらに、「こうのとり」1号機のエンジニアリングモデル(フライト相当品)を見学。将来、宇宙飛行士候補者は国際宇宙ステーションで「こうのとり」の運用を行う可能性もあるため、モックアップやバーチャルリアリティ映像を用いて、インストラクターから運用の概要について訓練を受けました。

JAXAの宇宙飛行士候補者3名は宇宙飛行士候補者クラスの中でもリーダーシップを発揮して訓練を行なっています。特に「きぼう」のロボットアームや「こうのとり」の運用訓練では、クラスメートの理解支援を積極的に行なっています。



1「きぼう」日本実験棟のエアロックトレーナを使って、宇宙空間(「きぼう」曝露部)への物資の搬出方法の説明を受ける金井候補者
2 HTV1のエンジニアリングモデルを見学
3「きぼう」日本実験棟のロボットアームの説明を受ける油井候補者
4 JAXAの組織や長期ビジョン等についての講義

司会：的川泰宣 JAXA技術参与

今年は、昨年から選考を続けていた新しい宇宙飛行士候補者がいよいよ誕生します。そして若田光一、野口聡一、古川聡宇宙飛行士の国際宇宙ステーションへの長期滞在も予定されている、日本の有人宇宙開発の新しい幕開けの年でもあります。前号に引き続いてお届けする毛利衛、向井千秋、土井隆雄の3人の宇宙飛行士による座談会。前編では25年前に宇宙飛行士に応募した時の心境から、最初のミッションに至るまでを紹介しましたが、今回は、これからの日本の宇宙開発の進むべき方向について、それぞれの気持ちを語ってもらいます。

君たちへ 後編

日本の有人計画は、始めようとしているけどまだ始まっていない

的川　せっかく3人集まっていらっしゃるので、有人の計画についてもう少し聞きたいと思います。

土井　やっぱりスジを通すことが大切だと思います。日本人宇宙飛行士がお客さんになって、スペースシャトルで国際宇宙ステーションに行くというのは、国際協力が進んでいる限りはいいんですけど、それだけでは国の有人宇宙プロジェクトとしては物足りないですね。なぜなら打ち上げロケットがないから。だれか日本人を宇宙に送ろうとした時にどこかの国に頼まなくてはいけない。しかし、有人ロケットをどうするかの議論は、一生懸命始めようとしているんだけれどまだ始まっていない。しかも、有人ロケットを作るだけのインフラが日本にあるかというと、それも厳しい。航空産業は日本に育ってこなかったから。私は将来的にはシャトルのような有翼型の宇宙船が必要だと思っていますが、それを作るにも、やはり航空産業の存在は非常に重要です。

的川　アメリカの場合には有人飛行をめざした時に、すでに経験があった。

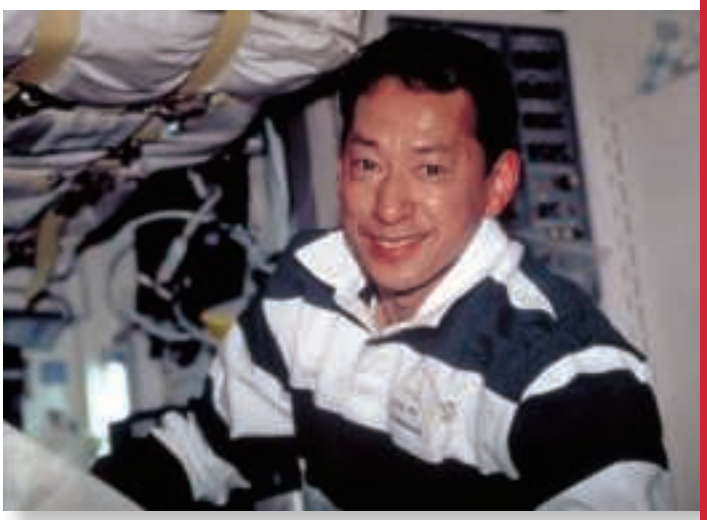
土井　たくさん経験があったんですよ。そういう航空産業の歴史がないと、いわゆる水平離着陸型の、将来型の多くの人を輸送できるような宇宙船というのは難しい。でもやらなければ実現しないでしょう。その辺のジレンマに今、日本はいる。

的川　毛利さんの日本の有人計画についての期待というのはどういうところですか。

毛利　まさにこれからです。日本のロケットはN—ⅡからH—Ⅰ、H—Ⅱと着実に進歩してきた。ちょうど社会全体も「宇宙基本法」ができて、今まではアメリカ依存だったけど、日本独自でやった方がいいですよという時代になってきた。日本独自の宇宙開発というのはどういうものかを考える時です。今が大事な時で、有人はお金がかかるからといって初めからや

STS-95ミッションの向井千秋宇宙飛行士
（1998年10月、NASA提供）

STS-99ミッションの毛利衛宇宙飛行士
（2000年2月、NASA提供）



毛利衛 宇宙飛行士

向井千秋 宇宙飛行士

土井隆雄 宇宙飛行士

宇宙飛行士をめざす

毛利衛、向井千秋、土井隆雄、3宇宙飛行士 座談会

めてしまっては、何もできっこない。日本の宇宙開発は最終的には有人、つまり日本人に結びつかないと意味がないので、そこに結び付けるために、これまでの経験を活かし、これからの戦略を立てるのが大事です。

小粒でもいいからキラッとするものが必要

的川　向井さんはいかがですか。

向井　2つあります。まず日本は有人・無人関係なく、戦略として月面をめざすべきだと思います。そして、そのために国際宇宙ステーションを十二分に利用すべきです。2つめは、やはり宇宙へ行く乗り物をもっている国は強いから、自分のもっている実力に合わせて、小粒でもいいからキラッとするものをやることが必要です。私は種子島から2人乗りのロケットでいいから打ち上げるべきだと思うんですよ。アメリカが開発しているオライオンみたいな大きい宇宙船は作れないかもしれないけど、小型車であれば可能だと思います。月面拠点に行くのに、座席をちょうだいなんて言わなくても、うちは2人乗りだけど行けますということができる。

毛利　向井さんが言った、人間2人を種子島から打ち上げるというのも、あとはタイムスケジュールをどう設定するかなんですけど、そこはまだちょっと先に置いておいて、今できる日本らしいユニークな宇宙開発は何かというところで、ある提案をしようと思っているんです。ヒューマノイド・タイプの2足歩行ロボットを月面に送るというのはどうでしょう。この分野の日本の技術レベルは非常に高い。将来の有人のことも考えて、2足歩行のロボットに高性能のセンサーをつけて、宇宙飛行士があたかも月面にいるようにロボットを動かす。たとえば2018年頃に、ちょうどアームストロング船長と同じように、月面に第一歩を踏み出すというのはどうでしょう。ハイビジョンのステレオカメラでリアルタイムに観測しながら。

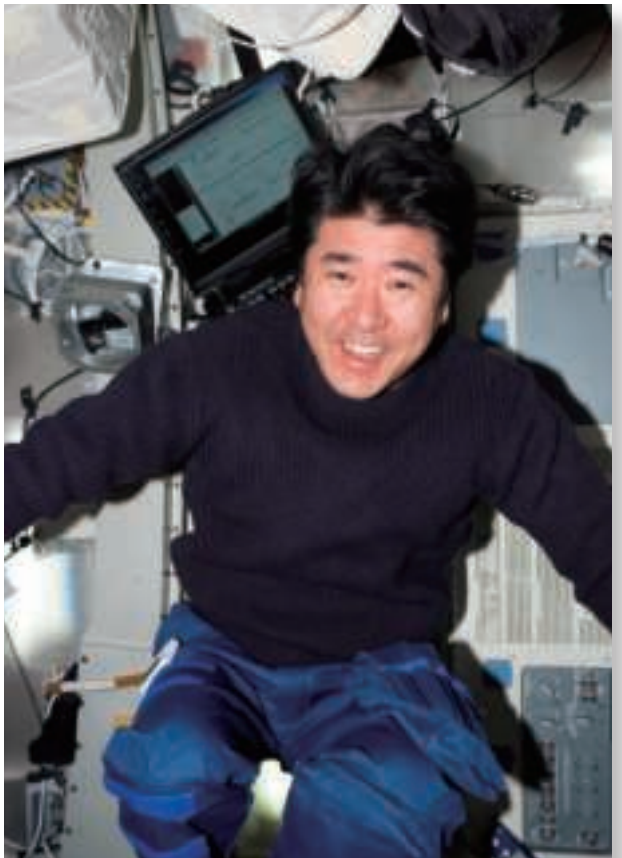
的川　ロボットを月に送るという話はいろんな人が言っていますよね。

毛利　それが、ただのロボットではなく、その後、人間にもつながるような一体化した計画だったら日本らしいのではないかと思っています。

的川　土井さん。日本のこれから進むべき方向は？

土井　「きぼう」は国際宇宙ステーションの中でいちばん大きいモジュールですが、電気とか水は全部アメリカからもらっている。地上との通信もやってもらっているので、アメリカのモジュールがなければ「きぼう」は存在し得ないわけです。いちばん大事なところを他人に作ってもらっている。何かに頼ればうまくいくというやり方を、日本はしてきたのですが、そのあたりは反省すべきところがある。アメリカでは今、月に行く計画を進めていますが、このままでは国際宇宙ステーションで起こ

STS-123ミッションの土井隆雄宇宙飛行士
（2008年3月、NASA提供）



座談会を行う３宇宙飛行士と的川技術参与。１期生の３人が一堂に顔を合わせる機会は滅多にない。

ったことがまた起こるという感じがしています。次の計画を立てる時には、アメリカが撤退しても日本が独力で続けていけるような方向に進むべきだと思います。特に有人打ち上げロケットの開発は始めなければいけません。ぼくは時間がかかったとしても有翼タイプのロケットの開発を押します。すでにＪＡＸＡはＮＡＳＤＡ時代にＨＯＰＥ（無人宇宙往還機）の開発をしていたので、ひょっとするとそんなに時間をかけなくてもできるかもしれませんね。

新しいものに挑戦していくのは、どの時代でも同じこと

的川　最後に、皆さんが応募した時とは時代がずいぶん変わっていますが、これまでの時間の経過を頭に入れながら、これから宇宙飛行士になる人たちへのメッセージや期待したいことを、お１人ずつお話ください。

向井　これからは月や火星へ行く可能性もすごくあると思うんです。ですから、これからの人たちはぜひそういう可能性に向かって進んでいってほしいと思います。

毛利　私たちの時には無からいろいろなチャレンジをしました。新しいものに挑戦していくというのは、どの時代の宇宙飛行士でも同じです。そういうスピリットをもって、自分は月に行くんだというぐらいのターゲットに向かってほしい。

土井　月にはみんな行きたいかもしれませんね。

向井　私もぜひ行きたい。

土井　世界各国の宇宙飛行士には優れた人がいっぱいいます。その中で日本の宇宙飛行士に何が必要かというと、これからはクリエイティビティだと思います。訓練をしながら、その問題点を明らかにして、解決策を考えるとか、新しい機器を作りだすとか、新しい発想ができる人が必要だと思います。

毛利　日本の社会ではクリエイティビティが育たないような教育環境があるので、そこは今一番弱いかもしれないね。しかし日本にも優れた能力をもっている人はたくさんいます。これまでは科学や技術に関する能力に重点が置かれてきましたが、もう少し範囲を広げてみたら、日本にだってすごく優れた操縦能力をもっている人とか、いろいろな創造的な能力をもっている人がいる。これからはそうした人にも宇宙飛行士に入ってほしいと思います。

向井　今回の募集では「きぼう」の運用とか国際宇宙ステーションでの長期滞在のできる人を求めているわけですが、その中でどんどん先に進んでいくことが必要だと思います。

毛利　そこに満足するのではなくて、常に前に進む気持ちをもっているということですね。

的川　わかりました。今日はありがとうございました。

「きぼう」完成

2009年7月19日、若田光一宇宙飛行士がクルーとして参加したSTS-127ミッションで、「きぼう」日本実験棟の船内実験室に船外実験プラットフォームを取り付け、日本時間の11時23分にその機能が正常であることを確認しました。
これにより、「きぼう」日本実験棟は船内及び船外の実験環境を有する恒久的な軌道上実験施設として完成しました。

画像提供：NASA

究極の実験室を生んだオールジャパンの技

「きぼう」日本実験棟は、耐久性、安全性、操作性などを極限まで追求した宇宙スケールのグッドデザインであると評され、2010年度のグッドデザイン金賞を受賞しました。600社以上の日本企業が知恵と技術を結集させた大プロジェクトについて、開発当初からかかわってきた白木理事にインタビュー。さらに「きぼう」船外実験プラットフォームの成果や、アジア太平洋地域で「きぼう」利用を促進するための活動について、宇宙環境利用センターの上垣内室長に話を聞きました。

白木邦明
SHIRAKI Kuniaki
宇宙航空研究開発機構
理事

日本初の有人施設建設プロジェクト

――まず「きぼう」日本実験棟の開発が始まったあたりからお話をうかがいたいと思います。

白木　国際宇宙ステーション計画は1984年、当時のレーガン大統領が日本、ヨーロッパ、カナダに参加を呼びかけたところから始まっています。日本はH-Ⅱという純国産ロケットを開発しようとしていた時代でしたが、有人宇宙システムも開発したいという考えもあり、この計画にぜひ参加しようということになりました。予備設計の段階で、日本の科学者が船内でも宇宙空間でも実験を行える施設ということから、今の船内実験室と船外実験プラットフォームという考えが出来上がりました。さらに将来必要になる有人技術を併せて開発するためにロボットアーム、船内保管室、それからエアロックを組み合わせた今の「きぼう」のコンセプトができたわけです。

――かなり意欲的な設計でしたね。

白木　85年7月にそういったコンセプトをもってヒューストンに乗り込んだわけですが、当時NASAは非常に大きなシステムを考えていました。たとえばアメリカの実験棟は2つ、居住棟も2つとか。そこへ、日本が4畳半に全部入ったようなものをもっていったというのが、最初の私たちの印象でしたね。

――しかしその後、ISSは設計の変更などがあり、最終的には「きぼう」はISSの中でもいろいろな機能を持った規模の大きなモジュールになりました。

白木　そうですね。

――技術的にはチャレンジング的なところが多かったのではないですか。

白木　すべてがチャレンジでしたね。当時のNASDA（宇宙開発事業団）はロケットと人工衛星が2本立てで走っていました。そこにいきなり有人の実験棟を自力で開発するという仕事に取り組んだわけですから、やることがものすごくたくさんありました。NASAとの交渉も大変でしたね。日本で最初の有人施設をオールジャパンで開発するために参加企業を募りました。三菱重工、石川島播磨、川崎重工、当時の日産自動車という重工系4社と、三菱電機、NEC、東芝、日立の電気系4社という日本を代表する大企業が参加してくれました。その下にいろいろな企業がありましたから、全部で600社以上がこの計画にかかわっています。

――ロシアが参加することになったときの影響はありましたか。

白木　93年にクリントン政権が発足し、財政難から設計の見直しが指示され、検討チームによる作業がスタートしました。そのうちに会議にロシアが参加するようになりました。ロシアが参加した一番大きな影響は、ISSの軌道傾斜角が28.5度から51.6度に変わったということです。軌道傾斜角が大きくなるとスペースシャトルで打ち上げられる質量が減ります。「きぼう」はシャトルの2回の飛行で打ち上げる予定だったのですが、3回になりました。このときにアメリカやヨーロッパの部分は規模が縮小されたのですが、日本は当初の計画のままでした。

――ほとんど経験のないところから始まって「きぼう」を完成させたことの意義はどのあたりにありますでしょうか。

白木　NASAの厳しい要求に応えながらあれだけの大きな有人システムを作り上げられた。その技術的なポテンシャルの高さ、それから国際パートナーとしてNASAやヨーロッパと肩を並べるような位置にまでなったというのは非常に大きな効果だと思います。

――有人施設の安全設計の面ではいかがですか。

白木　有人の施設は安全が第一ですが、最初は安全設計というのがどういうことなのかよく分からなかったですね。宇宙船で危険なのは火災と急減圧、それから空気の汚染ですが、そういったものに対してtwo fault tolerantとかtwo failure toleranceといいますが、要するに2つ故障が重なってもまだ安全であるという設計が必要です。それからfail-safeという、何か故障が起きても安全な状態が維持できるという安全設計の思想、そういったものが理解できたところではないかと思います。

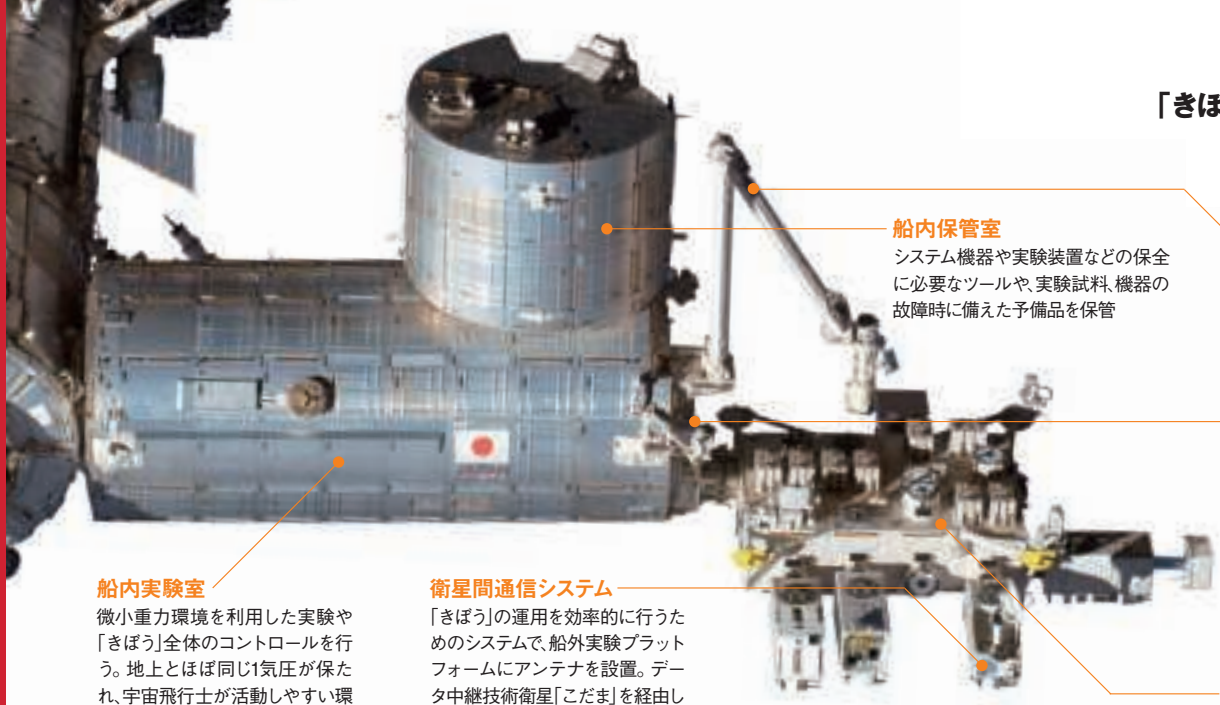
――いろいろな勉強もされたと思いますが、日本独自で解決していった要素も多いのではないですか。

白木　そうですね。NASAからの要求をどう実行するかは、日本で独自に考えてやっていかなくてはなりませんでした。

――若田光一宇宙飛行士が「きぼう」の船内実験室にはじめて入った時の印象として、非常にきれいで、細部まで工作がきちんとしていて、音も静かだというようなことを述べています。世界に誇れる施設になっているとお考えですか。

白木　NASAの人や他の国の宇宙飛行士の方も「きぼう」の出来

「きぼう」日本実験棟の全貌



の良いところは評価してくれています。船内環境についても温度、湿度、空調、騒音、照明などにいろいろ設計要求がありました。私たちは決められた要求をとにかく満たすために日本流の生真面目さで頑張ってきました。最後まであきらめなかったことが、結果的には良いものが出来た理由だと思います。

「きぼう」で培われた技術を「こうのとり」に活かす

――「きぼう」には日本独自のロボットアームがありますが、真空中でああいうふうに物を動かすメカニズムというのは難しいところが多いのではないですか。

白木　「きぼう」のロボットアームには実験装置やシステム機器を保全する子アームまで付いていますが、多くのメカが使われています。これらは真空中では潤滑に課題があり、真空潤滑に関する技術をずいぶん開発し、使っています。

――「きぼう」に付いているエアロックの開発はいかがだったのでしょうか。

白木　エアロックは船内と船外で物の出し入れをするところで、空気が漏れないように二重のハッチが付いています。外側のハッチを開ける時に空気をいったん真空ポンプで回収するんですね。空気は大切ですから、そういったシステムが付いています。エアロックの軌道上検証は最後になりましたが、1回でうまくいきました。

――それから船外実験プラットフォームですが、ここにはどんな工夫がされていますか。

白木　NASAもトラス構造に実験装置や観測装置を取り付ける場所を作っていますが、日本の船外実験プラットフォームには大電力を使う実験装置を取り付けられますし、冷媒を循環させて熱を取る熱制御のシステムも付いています。

――「きぼう」で培ってきた技術は、たとえば「こうのとり」などにも活かされているわけですね。

白木　「こうのとり」の与圧部は「きぼう」の船内保管室とほとんど同じですし、非与圧部の曝露パレットには、「きぼう」の船外実験プラットフォームの技術が使われています。

――いろいろ貴重な財産が得られているということになりますね。

白木　NASAの厳しい条件をクリアして、あれだけ欲張ったシステムをコンパクトに作ったということで、今後新しいシステムを作る上で、チャレンジはあるかもしれないけれど、出来ないものはないという自信はできたと思います。去年は「きぼう」がグッドデザイン金賞までいただきました。技術的な要求から出来上がってきたものが非常に優れたデザインと評価されたわけで、そういったものに作り上げた企業の方の努力に敬服するしかないですね。

――オールジャパンで取り組んだ成果ということですね。ありがとうございました。

「きぼう」組み立てミッション

2008年3月　船内保管室取り付け
「きぼう」の打ち上げ第1便にあたる1J/A（STS-123）ミッションで、船内保管室が取り付けられた。写真はドッキングのためISSに近づくエンデバー号。貨物室に船内保管室が見える。

2008年6月　船内実験室、ロボットアーム取り付け
第2便にあたる1Jミッション（STS-124）で、船内実験室とロボットアームが取り付けられた。写真はISSのロボットアームによって把持された船内実験室。

2009年7月　船外実験プラットフォーム、船外パレット取り付け
第3便にあたる2J/Aミッション（STS-127）で、船外実験プラットフォームと船外パレットが取り付けられた。写真は若田宇宙飛行士が操作する「きぼう」のロボットアームにより、船外実験プラットフォームに取り付けられる全天X線監視装置「MAXI」。空になった船外パレットはシャトルの帰還時に回収された。

宇宙機関長会議（HOA）開催
各国の機関長が語る ISS計画の将来

国際宇宙ステーション（ISS）計画に参加している日本、アメリカ、ロシア、欧州、カナダの各宇宙機関による宇宙機関長会議（HOA）が2010年3月11日、東京で開催されました。各機関長が強調したのはISS計画で培われ、今後も続く強いパートナーシップでした。

会議に出席したのは、JAXAの立川敬二理事長、米国航空宇宙局（NASA）のチャールズ・ボールデン長官、ロシア連邦宇宙局（FSA）のアナトリー・ペルミノフ長官、欧州宇宙機関（ESA）のジャン・ジャック・ドーダン長官、カナダ宇宙庁（CSA）のスティーブ・マクリーン長官です。

ISSの組み立ては完了間近となっており、6人の常駐体制も整いました。会議後発表された共同声明文では、ISSという「世界最大の国際宇宙施設」が「軌道上における実験と発見のために優れた機会を提供できるようになった」とし、さらにISSでの研究が、ISS計画の先にある将来の探査活動への道を開くとともに、

立川敬二理事長
TACHIKAWA Keiji
ＪＡＸＡ理事長
1962年、日本電信電話公社（現在のNTT）に入社。1978年に、米マサチューセッツ工科大学経営学部修士コースを修了。NTTアメリカ社長などを歴任し、1998年にNTT移動通信網（現NTTドコモ）代表取締役社長に就任。2004年6月に同社相談役就任。同年11月15日、JAXA理事長に就任。

チャールズ・ボールデン
Charles F. Bolden Jr.
NASA（米国航空宇宙局）長官
1980年に海兵隊のパイロットからNASAの宇宙飛行士候補者に。1986年のSTS-61C と1990年のSTS-31ではパイロットを、1992年のSTS-45と1994年のSTS-60ではコマンダーをつとめた。STS-31はハッブル宇宙望遠鏡の打ち上げミッション、STS-60はロシアとの初の共同ミッションで、ロシアの宇宙飛行士セルゲイ・クリカレフ（現ガガーリン宇宙飛行士訓練センター所長）が搭乗した。1994年に海兵隊に戻り、在日米軍副司令官などをへて2003年に退役。2009年、NASA長官に任命された。

アナトリー・ペルミノフ
Anatoly N. Perminov
FSA（ロシア連邦宇宙局）長官
プレセツク宇宙基地所長、ロシア宇宙軍司令官などをへて、2004年、FSA長官に任命された。ロケットと宇宙船の運用に関する専門家。モスクワ工科大学の教授もつとめる。宇宙技術に関する多数の論文や著作があり、海外にも翻訳されている。

会議後のミニシンポジウム。実験から探査活動までISSを最大限に利用していくために、参加国のパートナーシップの重要性が強調された

地上への利益ももたらすであろうと述べています。

また、ISSの運用を少なくとも2020年まで継続することに何ら技術的問題はないこと、さらにISSの各要素の運用を28年まで保証するための検討を各宇宙機関が行っていることを明らかにしました。

ISS計画は建設の時代から、各要素をフルに使って、宇宙でしかできないさまざまな実験や研究を長期間にわたって行う時代へと移行しつつあるわけです。

会議後に行われたミニシンポジウムでは、各機関長が国際宇宙ステーション計画の意義や将来について語りました。

各機関長がまず強調したのは、ISS計画で培われてきたパートナーシップでした。CSAのマクリーン長官は「ISS計画は複雑な国際プロジェクトであり、ここでつくられたパートナーシップは将来のモデルになるものです」と語りました。ESAのドーダン長官も、「この計画が成功するために必要なのは確固としたパートナーシップです。ISS計画のパートナーシップはISS計画を超えて続いていくでしょう」と述べました。

アメリカのオバマ政権は、これまで15年までとしてきたISSの運用を少なくとも20年まで延長する11年度予算要求を発表しました。これに関連して、NASAのボールデン長官は「ISSを20年、あるいはその先まで使うことで、ISSの利点を最大限に享受することができます。宇宙で新しい研究を行う施設が担保されるので、革新的な研究や実験の場所として利用していきたいと考えています。私たちは将来の火星探査までも考えており、これに必要な技術をここで研究することができます」と語りました。

ロシアのペルミノフ長官は「今後、ロシアのセグメントを有効に使って、宇宙で高いレベルの研究を行います」と語るとともに、アムール州に新しい宇宙基地ボストーチヌイを建設することになっており、将来はここから有人の打ち上げを行うことを明らかにしました。

JAXAの立川理事長は、「ISS計画で得られた技術をさらに発展させていきたいと考えています。たとえばHTV（宇宙ステーション輸送機）を物資の回収に用いることや、将来の有人輸送につながる開発もできるのではないでしょうか。宇宙実験については、ISSの利用をさらに進展させるため、生命科学などの分野で、国際的な共同実験を行うことを提案しました」と述べました。

ISS計画の参加国以外にも多くの国がISSを利用したいと考えています。この点に関しては、ESAのドーダン長官は「ISS計画は閉鎖的であってはなりません。私たち以外の国からもISS利用のすばらしいアイデアが出てくるでしょう。そうした国々に対してはオープンであるべきです」と語りました。NASAのボールデン長官も「有人活動やISSの利用に熱意をもっている国はたくさんあります。日本がアジア太平洋地域で行っているように、各パートナーはそうした国々がISSに参加できるようにアプローチすべきです」と述べ、今後多くの国がISSでの活動に参加することを歓迎するという点で、各機関長の意見は一致しました。

ジャン・ジャック・ドーダン
Jean-Jacques Dordain
ESA（欧州宇宙機関）長官
ONERA（フランス国立航空宇宙技術研究所）で研究活動をはじめ、在職中にスペースラブミッションのためのフランス人宇宙飛行士候補者の1人に選抜された。1986年にESAに移り、輸送系局長などをへて、2003年、ESA長官に任命された。

スティーブ・マクリーン
Steve MacLean
CSA（カナダ宇宙庁）長官
1983年、カナダ初の宇宙飛行士候補者の1人に選抜され、1992年のSTS-52、2006年のSTS-115で宇宙飛行を果たした。STS-115では船外活動を行い、ISSのロボットアーム（カナダーム2）を操作した最初のカナダ人宇宙飛行士となった。2008年、CSA長官に任命された。

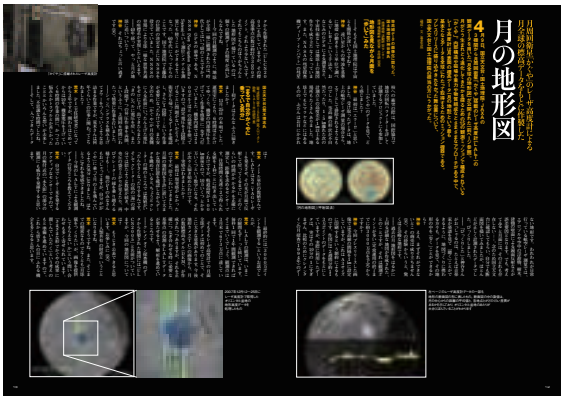
上／写真左からアナトリー・ペルミノフ長官（FSA）、チャールズ・ボールデン長官（NASA）、立川敬二理事長（JAXA）、ジャン・ジャック・ドーダン長官（ESA）、スティーブ・マクリーン長官（CSA）
下／会議ではISS計画がもたらした成果や、今後の運用について話し合われた

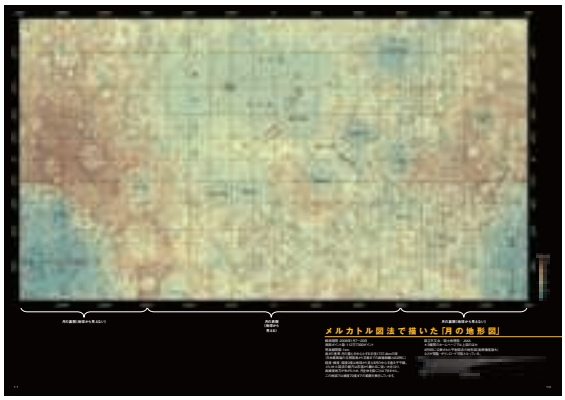
033号（2010年8月1日発行）　無重力空間を舞う鮮やかな光跡のアート「Spiral Top」

008号（2006年6月1日発行）　宇宙輸送の未来と有人化を考える

039号（2011年7月1日発行）　古川宇宙飛行士 長期滞在ミッション始まるソユーズ宇宙船搭乗までを誌上体験

029号（2009年12月1日発行）　HTV技術実証機、全ミッション完了！





020号（2008年6月1日発行）　月周回衛星「かぐや」のレーザ高度計による月全球の標高データをもとに作製した　月の地形図

問い合わせ先

● JAXA機関誌「JAXA's」公式サイト

http://www.jaxa.jp/pr/jaxas/

● 配送申し込みはこちらへ

[ＰＣ] http://www.jaxas.jp/
[携帯] http://www.jaxas.jp/m/

● 配送に関するお問い合わせ先

財団法人日本宇宙フォーラム
所在地：〒101-0062　東京都千代田区神田駿河台3-2-1 新御茶ノ水アーバントリニティビル3階
TEL：03-6206-4902（広報・調査事業部代表）
FAX：03-5296-7010

＊配送サービスサイト運営および代金回収・発送業務は、JAXAより委託を受けた（財）日本宇宙フォーラムが行っています。また、JAXA's本体価格は０円ですが、配送に必要な費用をご負担いただきます。

JAXAが配信するメールマガジン

● JAXAメールマガジン／ISS・きぼうウィークリーニュース

JAXAの最新情報や宇宙飛行士による講演会などの情報が届きます。

お申し込みはこちら（登録は無料です）
http://www.jaxa.jp/pr/mail/

● JAXA宇宙科学研究所（ISAS）のメールマガジン

最先端の宇宙科学に従事している研究者の汗と涙と喜びに満ちた生の声をお届けします。

お申し込みはこちら（登録は無料です）
http://www.isas.jaxa.jp/j/mailmaga/

JAXA職員／宇宙飛行士の講演

宇宙開発に対する理解を深めていただくために、普及・教育活動の一環として、JAXAの職員が学校などに訪問し、講演を行っています。

講演会の詳細はこちら
http://www.jaxa.jp/pr/lecture/

MISSION 3

なぜ、宇宙を目指すのか

「あなたは、宇宙へ行きたいですか？」
こう質問されたら、あなたは何と答えるでしょう。きっと宇宙に興味がある人であれば、好奇心のおもむくまま宇宙を旅してみたい、未知の世界をのぞいてみたいと思うはず。しかし一方で、宇宙へ行きたくないと答える人もいます。なぜ人は宇宙へ行きたいと思うのか、そして行きたくないと考えるのか。MISSION3では、日本の宇宙探検を考える上で、避けては通れない疑問を検証します。

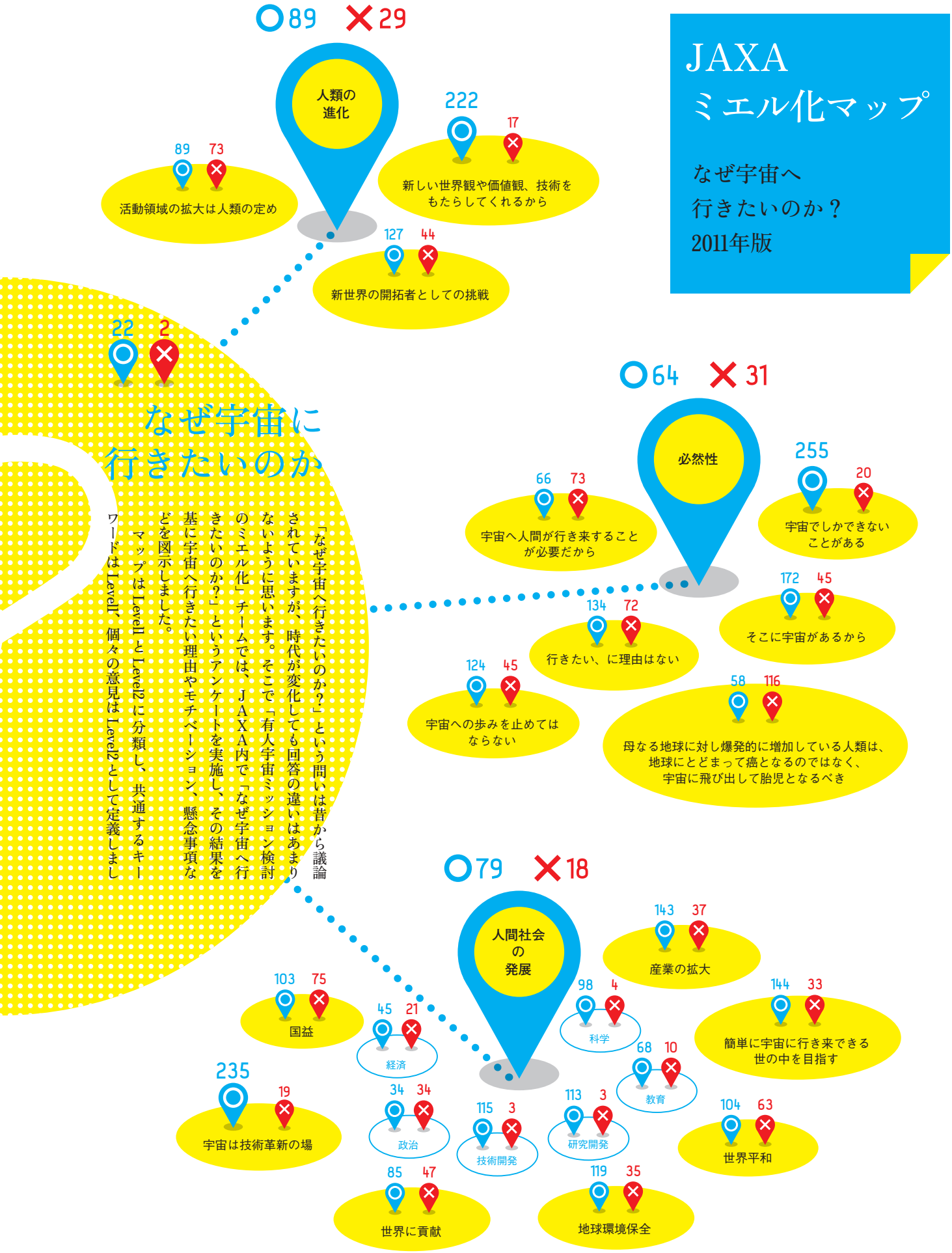
JAXA ミエル化マップ

なぜ宇宙へ
行きたいのか？
2011年版

なぜ宇宙に行きたいのか

「なぜ宇宙へ行きたいのか？」という問いは昔から議論されていますが、時代が変化しても回答の違いはあまりないように思います。そこで「有人宇宙ミッション検討のミエル化」チームでは、JAXA内で「なぜ宇宙へ行きたいのか？」というアンケートを実施し、その結果を基に宇宙へ行きたい理由やモチベーション、懸念事項などを図示しました。

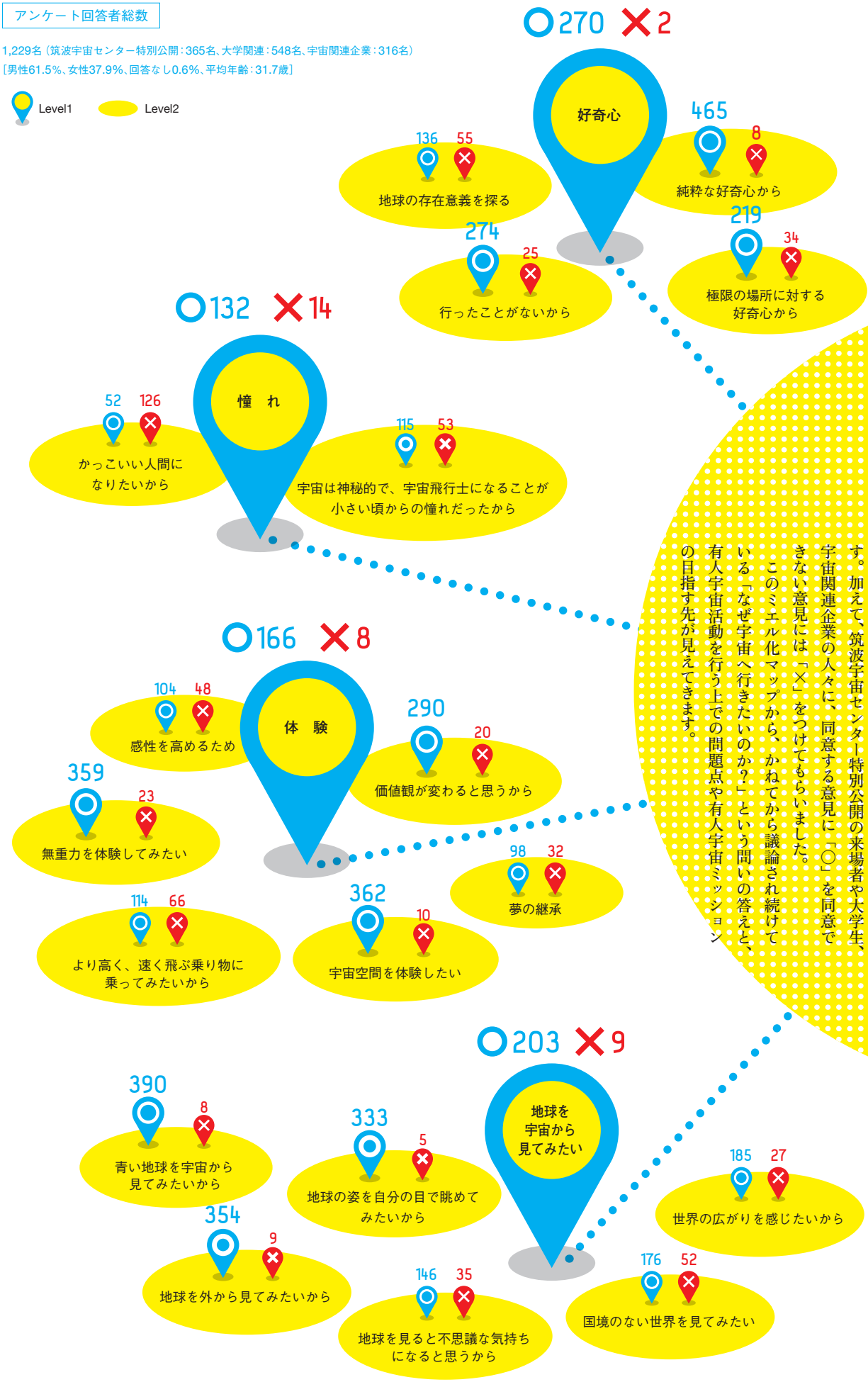
マップはLevel1とLevel2に分類し、共通するキーワードはLevel1、個々の意見はLevel2として定義しました。



アンケート回答者総数

1,229名（筑波宇宙センター特別公開：365名、大学関連：548名、宇宙関連企業：316名）
［男性61.5%、女性37.9%、回答なし0.6%、平均年齢：31.7歳］

Level1　Level2



た。Level1の項目は左側が個人としての視点、右側が国家あるいは人類としての視点となるように配置しています。加えて、筑波宇宙センター特別公開の来場者や大学生、宇宙関連企業の人々に、同意する意見に「○」を同意できない意見には「×」をつけてもらいました。このミエル化マップから、かねてから議論され続けている「なぜ宇宙へ行きたいのか？」という問いの答えと、有人宇宙活動を行う上での問題点や有人宇宙ミッションの目指す先が見えてきます。

JAXAミエル化マップ なぜ宇宙へ行きたくないのか？ 2011年版

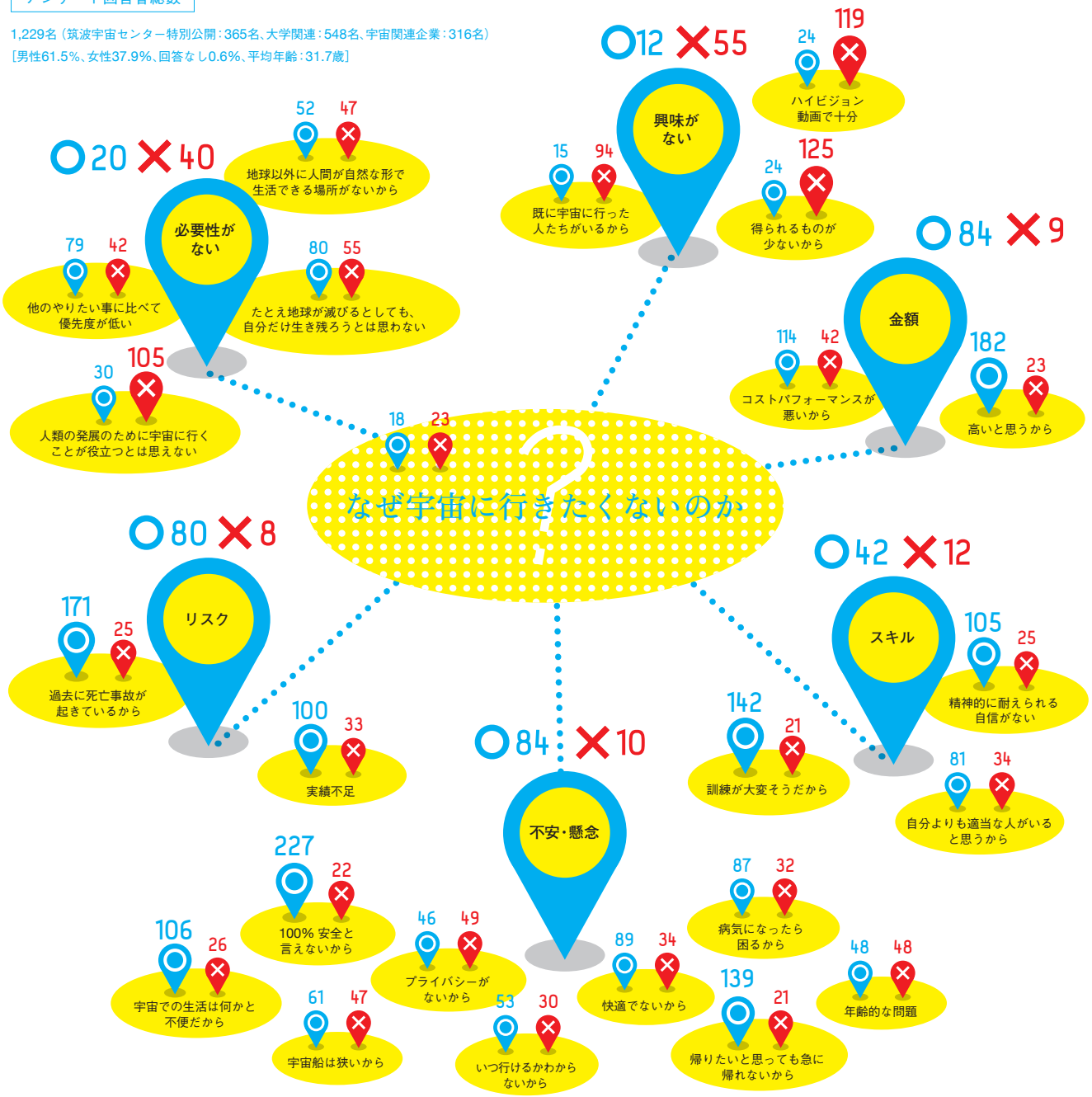
「有人宇宙ミッション検討のミエル化」チームでは、「なぜ宇宙へ行きたいのか？」だけではなく、今まで議論されることのなかった「なぜ宇宙に行きたくないのか？」というアンケートも実施しました。

行きたくないと答えた人たちは、安全に対する不安と金銭面の問題が大半です。安全を重視するのならば、死亡事故は打ち上げ時と帰還時に起きているので、緊急脱出方法が重要となります。また少ない予算で実施することを考えると、一人乗りの宇宙船を作るというアイディアが出てきます。一人乗りであれば、緊急時の帰還用や短期間のISS訪問用といった用途にも使えます。さらに訓練が大変という人のためには、高度な技術を活用して全自動の宇宙船を作ることも考えられます。もしくは、宇宙空間だけを移動する宇宙船の開発からスタートするのもいいかもしれません。

このように、ミエル化マップから読み解いた問題点や課題をヒントにすれば、日本独自の有人宇宙ミッションのアイディアが生まれてくるはずです。

アンケート回答者総数

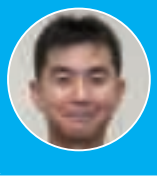
1,229名（筑波宇宙センター特別公開：365名、大学関連：548名、宇宙関連企業：316名）
[男性61.5%、女性37.9%、回答なし0.6%、平均年齢：31.7歳]



JAXA新宇宙飛行士たちの考え

これから初めて宇宙へ行く人といえば、
2011年7月に国際宇宙ステーション（ISS）搭乗宇宙飛行士として認定された
油井宇宙飛行士、大西宇宙飛行士、金井宇宙飛行士の3名です。
「宇宙へ行きたい」という夢を追い続けた彼らが、
実際に宇宙へ行く日はそう遠くないはず。
そこで、3名の新宇宙飛行士たちにもミエル化MAPに答えてもらいました。

「JAXA 入社前は、単なる好奇心や憧れが私にとっての“宇宙へ行きたい”という動機でした。しかし今は、人間社会の発展や人類の進化のためといった理由に考えがシフトした気がします。ミエル化 MAP に追記するならば、〈必然性〉の項目に〈小惑星衝突など、将来の災害などへの備え〉を、また〈人類の進化〉に〈挑戦する心を失った社会は衰退する〉と加えておきます」



油井宇宙飛行士

「私が宇宙飛行士に応募したのは、“宇宙に行きたい”という一心です。また宇宙でやってみたいことは、月面・火星探査もしくは日本独自の有人宇宙船によるミッションです。人類は常にその活動領域を広げることによって文明を進化させてきた生き物だと思います。月を見上げて、かつてそこに人類が行ったことがあるということに思いをはせると、とても勇気づけられますし、パイオニア精神こそ人類の本質ではないかとさえ感じます」

大西宇宙飛行士

「国際宇宙ステーション (ISS) では常時、宇宙飛行士が長期滞在を行っていますし、これまでにロシアの『ソユーズ』を使った宇宙旅行者も出ています。今後も民間業者による宇宙旅行が企画されているので、時代の流れは“宇宙に行くか、行かないか？”ではなく、もはや“宇宙で何をするか”を考える時期に来ていると思います。JAXA の有人宇宙ミッションを検討する際には、誰もが自由に海外旅行のような感覚で、宇宙滞在・訪問できる社会を念頭に置くべきです。きっと 50 年後、100 年後には、誰でも宇宙へ行ける社会がくるはずです」

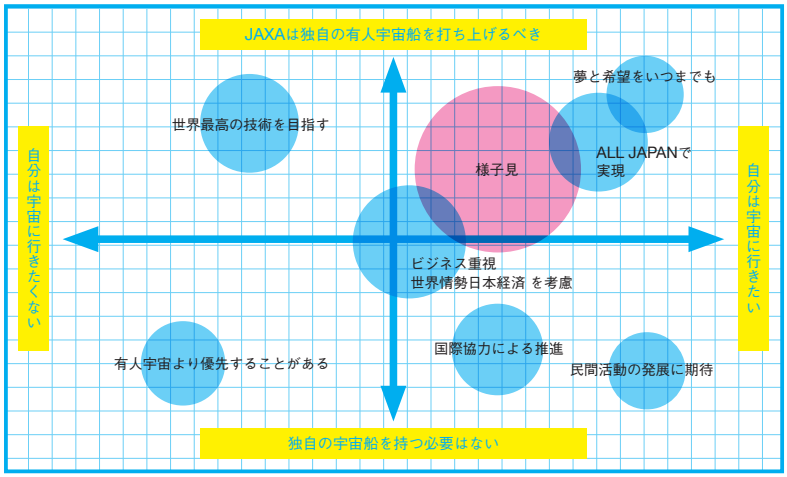
金井宇宙飛行士

JAXA 職員はどう考えている？

日本の宇宙開発を担う JAXA で働く人たちはどう考えているのでしょうか。「有人宇宙ミッション検討のミエル化」チームが集計した、381 名のアンケート結果*を基に、JAXA 職員をクラスタ分析しました。宇宙に夢や憧れを持っている 20 代は「宇宙に行きたい」と答え、またエンジニアとして経験を積んだ 30 代の多くは「独自の宇宙船を開発したい」という声がありました。40 代以上では意見が分かれたものの、JAXA 職員全体として 78.5%の人が宇宙へ行きたいと答えました。

＊2011年4月12日 第1回アンケート

— JAXA職員をクラスタ分析 —



小惑星探査機「はやぶさ」元プロジェクトマネージャー

川口淳一郎教授　インタビュー

太陽系大航海時代への挑戦

7年間の宇宙の旅を経て、世界初となる小惑星からサンプルを持ち帰った探査機「はやぶさ」。
そのプロジェクトを率いてきた川口淳一郎教授は、宇宙探検にどのような考えを持っているのでしょうか。
知られざる、川口教授の有人宇宙ミッションへの展望を伺いました。

〝宇宙船〟はやぶさ

私は「はやぶさ」のことをずっと〝宇宙船〟と呼んでいます。一般的には〝宇宙機〟や〝探査機〟となるのでしょうが、あえて〝宇宙船〟と呼んでいるのは「将来、はやぶさは人間の乗り物になる」と考えていたから。決して地球に帰還できたからではなく、私は打ち上げ前から〝宇宙船〟と呼んでいました。

宇宙機と宇宙船の大きな違いは、高性能のエンジンを持ち、動力航行ができるかということ。打ち出された軌道のまま弾道飛行をする宇宙機は、いわば川下りのいかだです。小惑星に近づいても、なかなか観測は難しい。しかし「はやぶさ」は小惑星イトカワにランデブー（同じ軌道上を飛行すること）をすることができました。そして7年もの歳月をかけ、ランデブー観測とサンプル採取に挑戦し、地球帰還を果たしました。

いってみれば「はやぶさ」は、人類が太陽系の中を自在に行き来する時代、つまり「太陽系大航海時代」への扉を開いたのです。きっと後世の人はそう評価してくれると思っています。

アポロが生んだ大誤解

1969年、アメリカは「アポロ11号」で2人の宇宙飛行士を月面に送り、地球に帰還させました。当時私は中学生で、学校の体育館で衛星中継を見守りました。多くの人に鮮烈な印象を与えた出来事で

はありましたが、今にして思えば、世の中に大きな誤解も与えてしまったのです。それは「地球から他の星へ行って帰ってくるには、大きなロケットや装備が必要である」と人々に思わせてしまったこと。アポロの計画には、さまざまな無理や矛盾がありました。例えば、地球へ再突入する時に使うための重い耐熱カプセルを、わざわざ月の周回軌道まで持って行ったこと。今計画をすれば、帰還カプセルは地球の軌道上に置いておき、月にはもっと身軽に降り立つことができるでしょう。

巨大なロケットで地球を飛び立ち、次々と不要になったモジュールを捨てて、帰還カプセルだけが戻ってくるという大がかりなアポロ計画の装備。それは、月という非常に近い天体に少数の宇宙飛行士が往復するための方法の1つでしかありません。将来、月探査が何十回も何百回も行われるようになれば、地球に近い軌道上で、月の周回軌道を往還する宇宙船に乗り換えるといった装備になると思います。そうなれば、燃費の問題や経済的にも効率が良くなるはずです。

もっといえば、現在のような縦長のロケットで宇宙に飛び出すという飛行形態も変わっていくべきです。燃料と酸化剤をタンクに詰めて打ち上げるより、空気が存在する大気圏内では、酸化剤の替わりに空気を吸いこんで利用するほうが効率がいい。ドキドキしながらみんなで見守り、打ち上がったらワーッと拍手する。そういった〝打ち上げ〟も誤りなのです。いずれは超高々度を飛ぶ飛行機とロケットの中間のような乗り物が、主流となっていく。そして、そのような時代がくる頃には「有人宇宙飛行」という言葉も死語となるでしょう。

ＪＡＸＡもロケットと飛行機の中間のような乗り物の研究にもっと力を入れるべきです。簡単ではありませんが、ＪＡＸＡには技術と人材、そして研究実績があります。「昔はミサイルの先端に人間を縛り付けて飛んでいたんだって（笑）」と語られるような時代を、ぜひ実現させてほしいと思います。

深宇宙港が活気づく未来

人類が太陽系に乗り出す「太陽系大航海時代」には、宇宙観測や惑星探査の拠点や地球へ帰還する宇宙船の乗り換え地点となる深宇宙港が必要です。深宇宙港の設置場所は、地球の重力圏（約100万km圏内）の外にありながら、地球との位置関係が変わらないラグランジュポイントのL2点が有力です。L2点は、地球から太陽と反対方向、約150万km離れた場所にあります。地球から深宇宙港へは、多少効率が悪くてもパワーのあるエンジンを持つ通船（はしけ）を利用します。一方、深宇宙港から惑星へは、パワーは小さくとも高効率のエンジンを積んだ大型の船が活用されるでしょう。

さらに、深宇宙港にはさまざまな機能や設備が必要です。宇宙船の補給や整備・修理をするための機能、また小惑星の金属資源を精錬・選鉱する設備、あるいは有機物を含むサンプルを検疫・分析するための機材など……。深宇宙港は単独の構造物ではなく、さまざまな機能や設備が附随した集合体となるはずです。

宇宙活動のさまざまな局面の中には、人間しかできないことも多々出てくると思います。例えば、小惑星から資源を持ち帰ろうとする時、最初はやはり人間がロボットをセットアップする必要があります。ロボットが作業を問題なく始めた段階で、人間は小さな宇宙船で先に帰ってくる。そして、後から無人の貨物船で資源を得るのです。火星でいえば、地球に近い深宇宙港から宇宙船が飛び立ち、何ヵ月かの旅を経て火星にある深宇宙港に到達する。そこで火星周回軌道に降りるための小さな宇宙船に乗り換える。そのイメージはまさに「太陽系大航海時代」そのもの。深宇宙港の利用は、人類にとっての必然になると私は考えています。

新たな資源を求めて

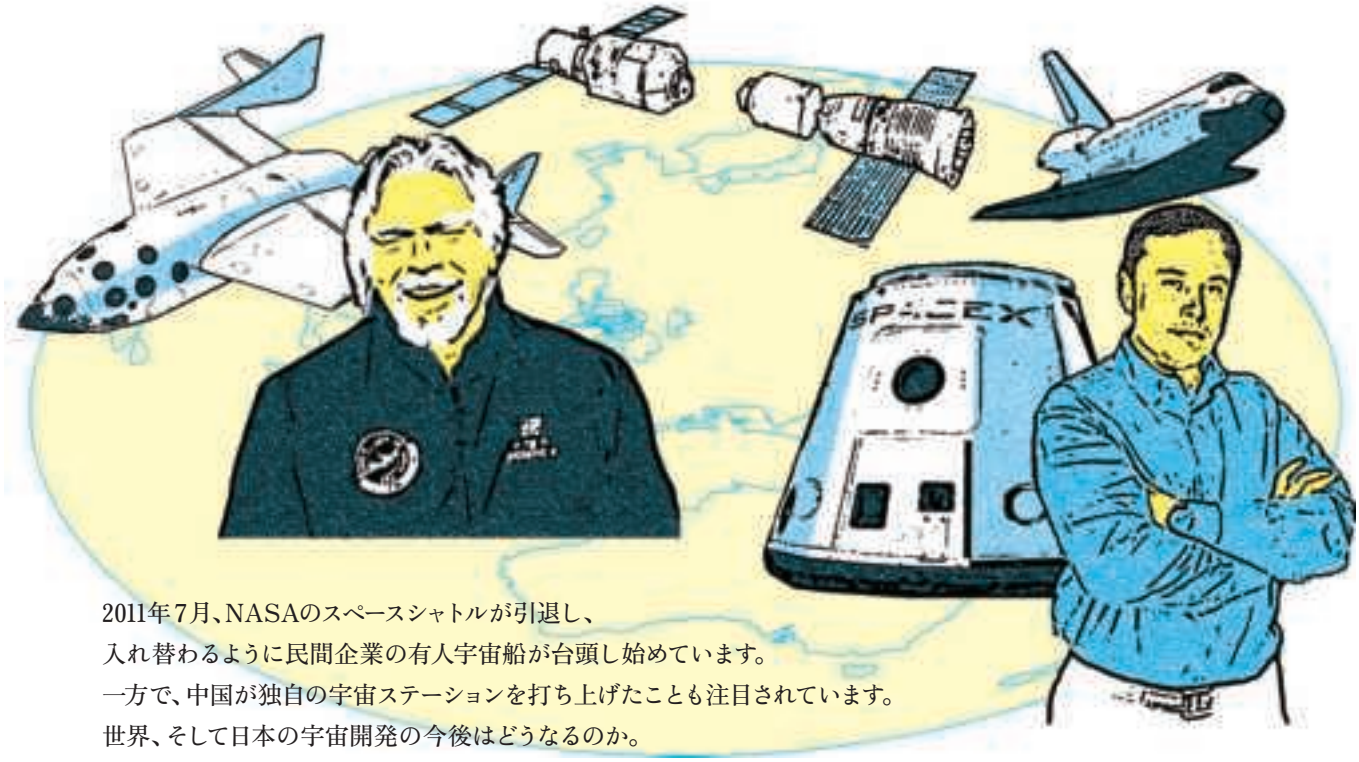
日本における宇宙開発のためにつくられた宇宙基本法は、〝宇宙の利用を第一に考える〟と提言しています。もちろん、宇宙開発の目的には利用が根底にありますが、単に利用のことだけを考えていては新しい技術は生まれません。まして、惑星探査の目的は利用だけではくくれない。

私は講演で小惑星探査の意義として、地震や気象のメカニズムを知ることのほか、金属資源としての可能性を話すことがあります。科学者ではないので大胆な話をしますが、現在、鉱石以上の塊が存在する隕石があると考えられています。つまり、まるごと純度の高い金属でできた小惑星が存在する可能性があるわけです。M型小惑星と呼ばれる、ニッケルや鉄などの金属もしくは少量の岩石を含む惑星のことで、重い金属が濃集した、いわば天然の精錬所です。今はまだ、小惑星ごと持ち帰る技術はありませんが、「はやぶさ」のサンプルリターンは間違いなく、そういった新たな金属資源の発掘につながっていくでしょう。

まずは人類の到達領域を広げ、サンプルを持ち帰り、その有用性を知ること。宇宙開発があることで、技術や経済や国を引っ張ってきたのというのは歴史の必然です。そしてまた、宇宙探検は人類の使命といえるでしょう。

川口淳一郎（かわぐち・じゅんいちろう）
1955年、青森県生まれ。京都大学工学部、東京大学大学院を経て、旧文部省宇宙科学研究所に着任。軌道工学を専門とし、探査機や科学衛星ミッション、ロケットの誘導制御などを手がける。「はやぶさ」を題材とした映画３作品では佐野史朗（20世紀FOX）、渡辺謙（東映）、大杉漣（松竹）らが川口役を演じた。

宇宙開発委員会・池上委員長が語る、世界における宇宙開発の現状



2011年7月、NASAのスペースシャトルが引退し、
入れ替わるように民間企業の有人宇宙船が台頭し始めています。
一方で、中国が独自の宇宙ステーションを打ち上げたことも注目されています。
世界、そして日本の宇宙開発の今後はどうなるのか。
JAXAの宇宙開発の長期計画などを調査審議する宇宙開発委員会の
池上徹彦委員長に世界各国の宇宙開発事情を伺いました。

2011年は宇宙開発にとってメモリアルな年でした。人類初の宇宙飛行士ガガーリンが飛んで50周年、NASAのスペースシャトルが初飛行から30周年という節目で退役しました。米国はもちろんヨーロッパ諸国も、今後、宇宙開発をどう進めていくかを本気で考え始め、「長期的なビジョン（目標）」が本当に必要だという雰囲気が出てきています。

その背景には、宇宙開発は科学技術を引っ張る1つの駆動力であるという点、さらに現実的な問題として、宇宙分野の技術者がいなくなっているという点が挙げられます。例えば、ロシアでは衛星や貨物船の打ち上げ失敗が続いていますが、その一因は、技術者不足にあるようです。なぜなのか。ロシアのロケットは1960年代に作られ、約半世紀にわたって活躍してきた非常に信頼性が高いロケットです。開発現場では「信頼性の高さ」が目標ですが、実際にそうした道具が生まれると、新たに開発する技術者が必要なくなってしまう。これは「技術開発のジレンマ」です。若くやる気のある技術者は、挑戦的な開発の現場に行きたがるために、メンテナンスする人も減ってきたという問題が表面化してきたのです。

このままでは人材が失われ、新技術の開発どころか技術を維持することすら難しいという問題に直面している。そこで宇宙探査そのものを見直そうという動きが出てきたのです。

民間企業が手がける有人宇宙船

一方、スペースシャトル退役後は、新参の民間企業が活性化しています。国際宇宙ステーション（ISS）に物資を届ける貨物便について、NASAは新しい民間企業に発注し、安全審査は行うものの、基本的には民間企業が開発を担うことになりました。ISSに最初に貨物便を届けるのはスペース・エックス（Space-X）社。私は2011年7月、米国ロサンゼルス州にある同社を訪問しました。

実感したことは2つあります。1つは「可能な限り自分たちで開発している」こと。中小企業ぐらいの規模で敷地内に7つの工場があり、部品の7割を自分たちで作っている。倉庫のような大部屋に社長室はなく、社長も秘書も設計チームも、製作チームも距離が近く、問題があればすぐに直せる。日本では考えられない光景です。技術を自分のものにするからこそ「安くいいものを作る」ことができる。

もう1つは、「起業家精神」です。Space-X社の社長イーロン・マスク氏はITビジネスで得た資金を元に、志高く、真面目に取り組んでいます。宇

宙開発のような先端技術を市場に出す将来型ビジネスは、ＩＴ分野とは違って投資の部分が大きい。そこで、若くやる気のある起業家が取り組むテーマとしては大きすぎるので起業家精神は欧米では崩れたと思っていました。でも彼の取り組みを聞いて、宇宙の分野でもその精神が欧米で生きており、米国の産業界は健全だと感じました。

リチャード・ブランソン氏もヴァージン・ギャラクティック社で宇宙旅行を始めようとしています。世界で予約している人は数百人といわれますがチケット代の総額は１００億円以下。開発費はもっとかかるはずです。それでも挑戦しようとする欧米は強い。

Space-X社が有人ロケットの打ち上げに成功したら、既存の大会社はショックでしょうね。ベンチャーが安く打ち上げられるとなれば、新しいことが起きる可能性があるでしょう。

独自の道を開拓する中国の宇宙開発

中国も着々と有人宇宙開発を進めています。２００３年に自国のロケットで宇宙飛行士を打ち上げ、２０１１年には宇宙ステーション「天宮1号」と無人の宇宙船「神舟8号」のドッキングに成功。欧州の宇宙関係者には「日本は中国にキャッチアップするのが一番大きな課題ですね」と言われました。中国のロケット打ち上げ実績は、既に日本を越えています。

中国はロシアに宇宙技術を学びましたが、今ではロシアを越えているかもしれません。中国は火星を目指すという方針を出しています。また２０１１年にアジアで開かれた会議では、独自の宇宙ステーションを世界中の人に使ってもらいたいと公言しています。ただし、中国の宇宙開発の真の狙いがどこにあるかが分からない。世界が慎重に注目しています。

日本は戦後から世界の宇宙開発に追いつこうとしてきました。今やＨ-ⅡＡロケットが国際的な信頼性の目安とされる打ち上げ成功率95％を実現しました。ＩＳＳでも日本実験棟「きぼう」や補給機「こうのとり」で貢献し、存在感をアピールしています。

有人宇宙船を開発できる技術を持ちながら、今や日本では有人宇宙開発が議論しにくい。宇宙開発は冒険者の犠牲の下に成り立ってきた歴史的側面が否定できないのに、「1人犠牲者が出たら宇宙開発全体がつぶされる」という行政側の不安が根強くあるのも理由の1つです。日本も政治家が、宇宙開発の方向性を示してほしい。また、日本の首相をはじめ議員の中には宇宙好きの方も多いと思います。確かに今は、東日本大震災後の復旧・復興が最優先事項です。ただ、閉塞感を打破するような長期的な目標を掲げることも必要だと思うのです。

"Mission to Mars"が今後の課題

こうした背景の中で、将来の宇宙探査について、世界14機関が参加する国際宇宙探査協働グループで議論されています。最終的な目標は火星とし、その道筋として「次は小惑星」「次は月」の2つのオプションを検討することが、２０１１年９月の会議で合意されました。

これまでの火星探査の議論と異なるのは、火星という「目的地を決める」という議論でなく、自分たちはどんな技術を持ち何が足りないのかという「実現性重視」の議論であること。例えば米国にとって関心があるのは「火星に行ける肉体を人間は持っているか」という宇宙医学の問題であり、ＩＳＳで研究を続けています。

火星探査の実現には非常に時間がかかるでしょうが、私は実現できると思っています。大事なのは高い目標を掲げて、異なる考え方やそれぞれ得意な技術を持った国や機関とチームワークを組むことです。一国でやると目標が小さくなる。日本も「Mission to Mars」を掲げて国際協力の一員として参加して欲しいですね。また遠くを目指す一方で、地球自体の環境も見つめなければなりません。今や、地球の大きさは地表から3万６，０００kmまで広がっているという考え方があります。つまり気象衛星や放送通信衛星が飛行する静止軌道までが、人類の活動領域だという発想です。

ただし、この膨張した地球を飛ぶ人工衛星たちは非常に壊れやすく、打ち落とすことも難しくありません。人類が手にする力が大きくなればなるほど、その使い方について、地球の平和を維持するためにも国際的にきちんと監視する必要があります。

「火星を目指す」、そして「地球を監視する」。このような目的に向かうためにも、ＪＡＸＡにはよく議論して欲しいですね。まず予算ありきではなく、自分たちが何をやりたいか、現場でとことん議論して提案してほしい。それから実現するために必要な能力は何かを明らかにしてほしい。私ももともとはＮＴＴの技術者として光通信の仕事をしていましたが、研究開発では技術で人々にどう喜んでもらえるかという「出口」を常に考えることも大事です。「思考停止」をやめて、常に好奇心、挑戦心を掲げて継続すること。ＪＡＸＡだけでなく、今の日本人に求められていることだと思います。

MISSION 4

来るべき宇宙探検へ向けて

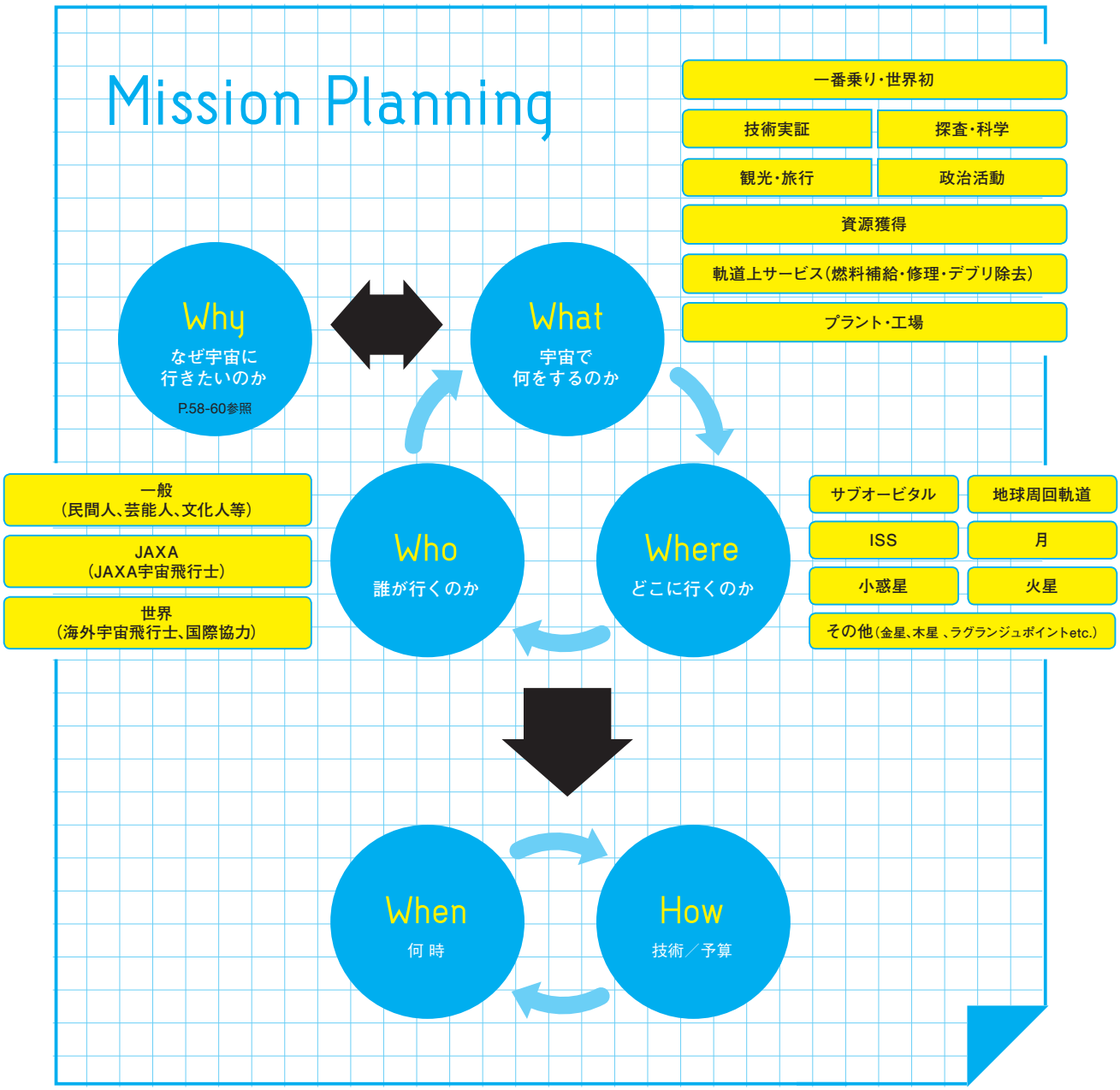
ガガーリンが人類初の宇宙飛行を行う前は、「人が宇宙に行くこと」が目標でした。現在の有人宇宙ミッションは「国際宇宙ステーション（ISS）」での実験や研究活動にも注目が集まっています。これからの有人宇宙ミッションがどのような意義を持っていくのか、そしてどのような計画が求められているのか。MISSION4では、日本における宇宙探検の計画検討を深めるために、具体的なミッションを考えていきます。

宇宙探検の計画を立てる

宇宙開発のステップは、「宇宙で何をするために」「どこへ」「誰が行くのか」。そして「いつ頃までに」「どれくらいの予算で実施するのか」といった5W1Hを組み合わせることで、いくつもの選択肢ができます。有人宇宙ミッションには、かつてアメリカが掲げた「アポロ計画」で月を目指したように、また「国際宇宙ステーション（ISS）」計画のきっかけとなったレーガン大統領による「宇宙基地計画」の演説など、長期的なビジョンを持つことが必要です。

これまで有人宇宙ミッションの中心にあった「スペースシャトル」が2011年に退役したことで、ISSへ人を送ることができるのはロシアの「ソユーズ」だけになりました。現在日本をはじめ世界各国の宇宙機関は、自らの手で宇宙船を開発するのか、それとも他国に頼るのかが問われています。

すでに、宇宙に人を送るだけの時代は終わりました。宇宙へ行って何をするのか。今こそ、日本における宇宙探検の計画を立てる時なのです。まずは世の中の状況が変わったとしてもブレることのない、明確な宇宙探検の目的を掲げましょう。



私たちは宇宙のどこまで行けるのか

46億年前に誕生した太陽系は、太陽とその周りを回る8つの惑星、そして無数の衛星・小惑星で形成されています。地球から月、そして火星、木星……。

これまでの惑星探査では、まず惑星に「接近」し、カメラや観測センサーで惑星のことを調べました。そして、「接近」の次に惑星の重力圏に入り、「周回」をしながらより詳しい観測を行います。最も難しいことは「着陸」です。「着陸」することで惑星そのものを調べることができ、時には、惑星のかけら（サンプル）を採取し地球に持ち帰り分析することも行います。これらの調査を終えて、初めて人が惑星に降り立つ計画を立てることができるのです。

2011年、1977年に打ち上げられた宇宙探査機「ボイジャー1号」が、太陽から177億km離れた太陽系の果てまで到達しました。一方、人類は地球以外の惑星に行ったことがありません。地球の衛星である月に12人の宇宙飛行士が降り立っただけです。

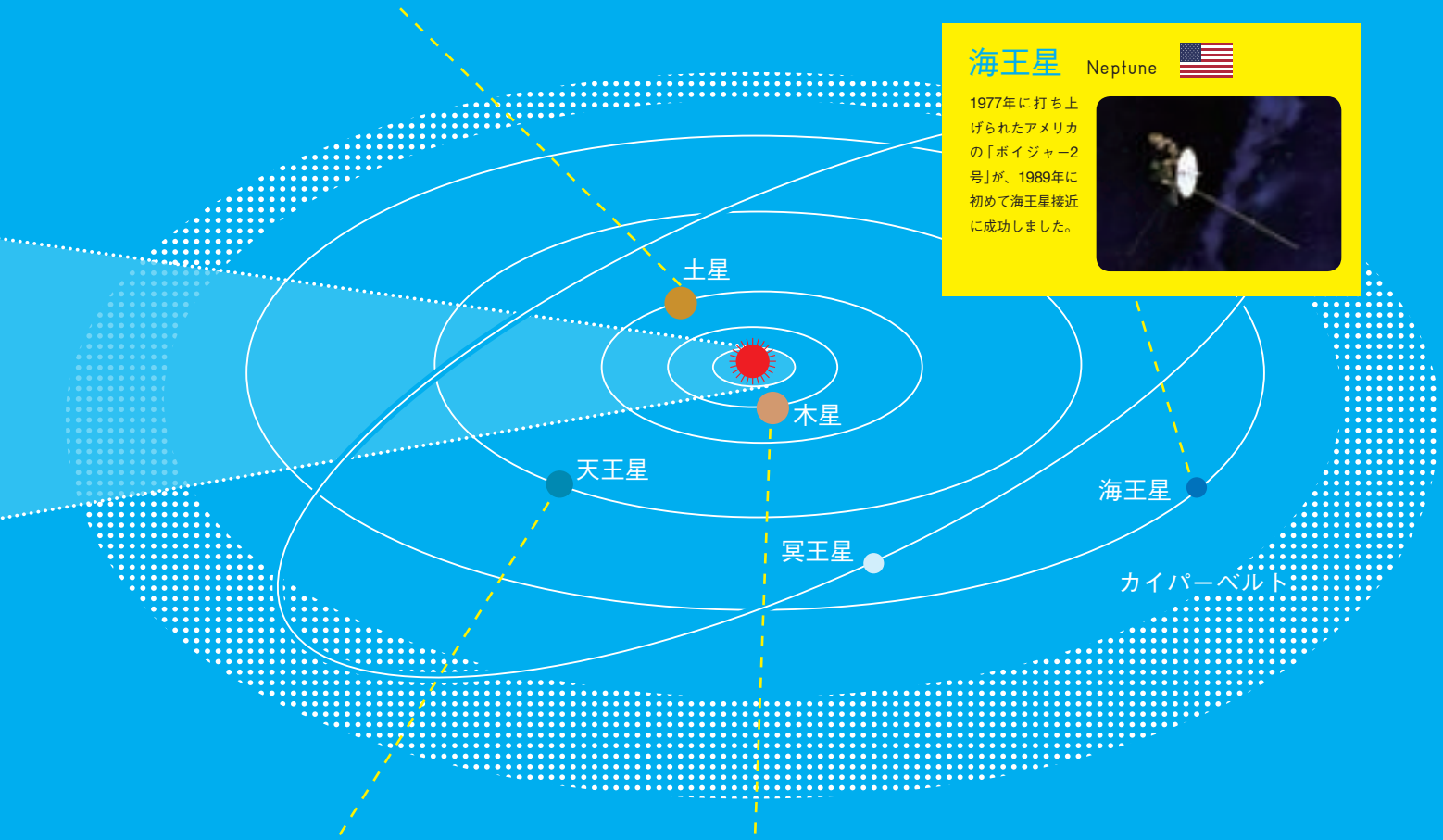
さて、これからの日本の宇宙探検はどこを目指すべきなのでしょうか。

土星 Pluto

1997年に打ち上げられたアメリカの「カッシーニ」が、初めて土星の周回に成功。そして土星の衛星タイタンに欧州の探査機「ホイヘンス」を投下しました。「ホイヘンス」はタイタン地表に着陸し、地表の鮮明な写真とタイタンに吹く風の音を地球に送りました。

海王星 Neptune

1977年に打ち上げられたアメリカの「ボイジャー2号」が、1989年に初めて海王星接近に成功しました。



天王星 Urnus

1977年に打ち上げられたアメリカの「ボイジャー2号」が、1986年に初めて天王星接近に成功。

木星 Jupiter

1989年に打ち上げられたアメリカの「ガリレオ」が、初めて木星周回に成功。

太陽系外

1977年に打ち上げられたアメリカの「ボイジャー1号」が、太陽から180億km以上離れて飛行中。

月 Moon

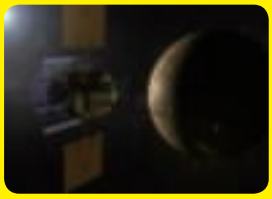
1969年に打ち上げられたアメリカの「アポロ11号」で初めて人類が月面に到達。地球から最も近い天体である月への探査機数はすでに100機以上あります。

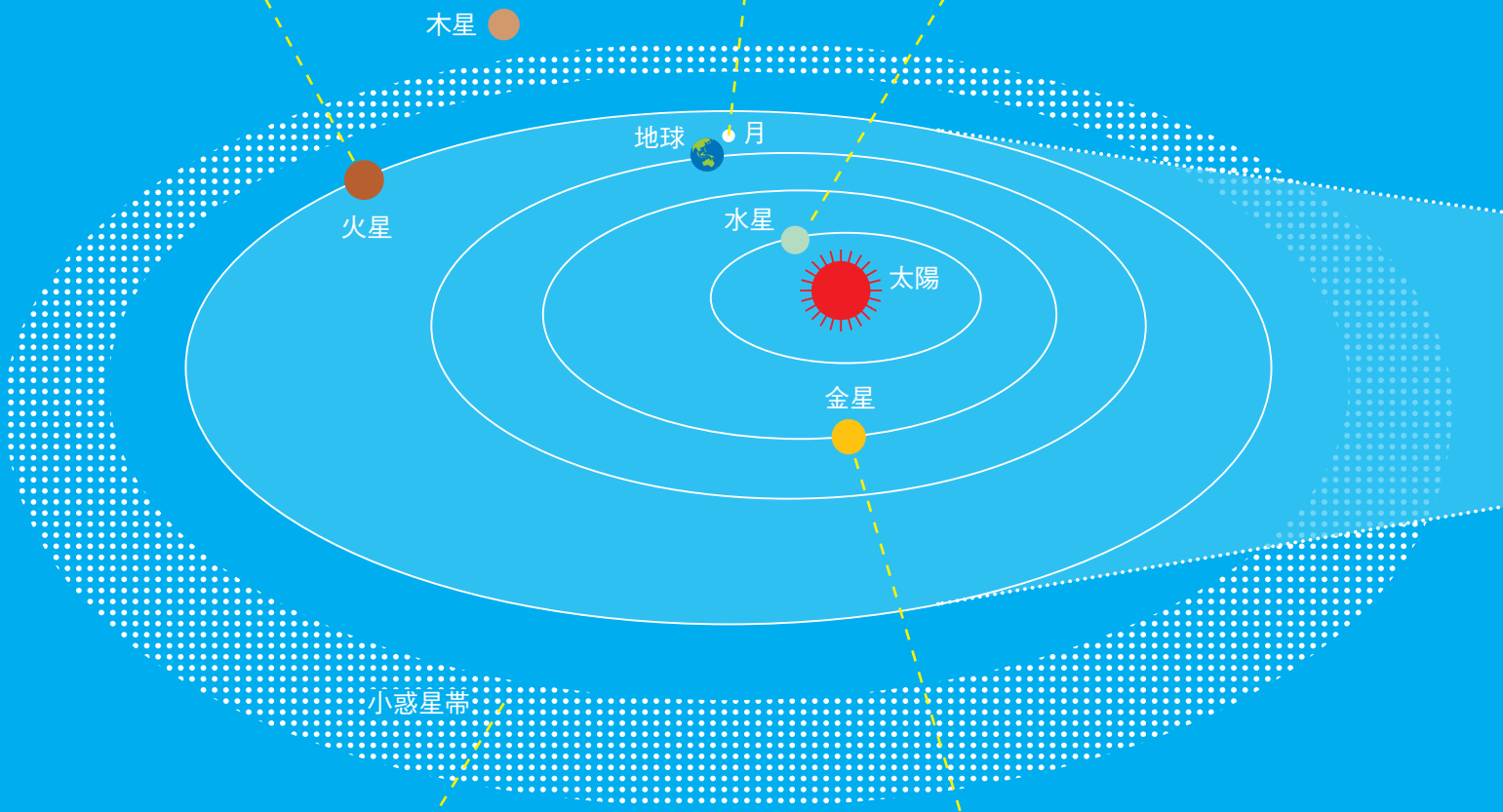
火星 Mars

1971年に打ち上げられたソ連の「マルス3号」が火星に着陸し、初めて火星地表の画像を地球に送りました。

水星 Mercury

2004年に打ち上げられたアメリカの「メッセンジャー」が、初めて水星周回に成功。





小惑星 Asteroid

2003年に打ち上げられた日本の「はやぶさ」が、初めて小惑星からサンプルを持ち帰りました。

金星 Venus

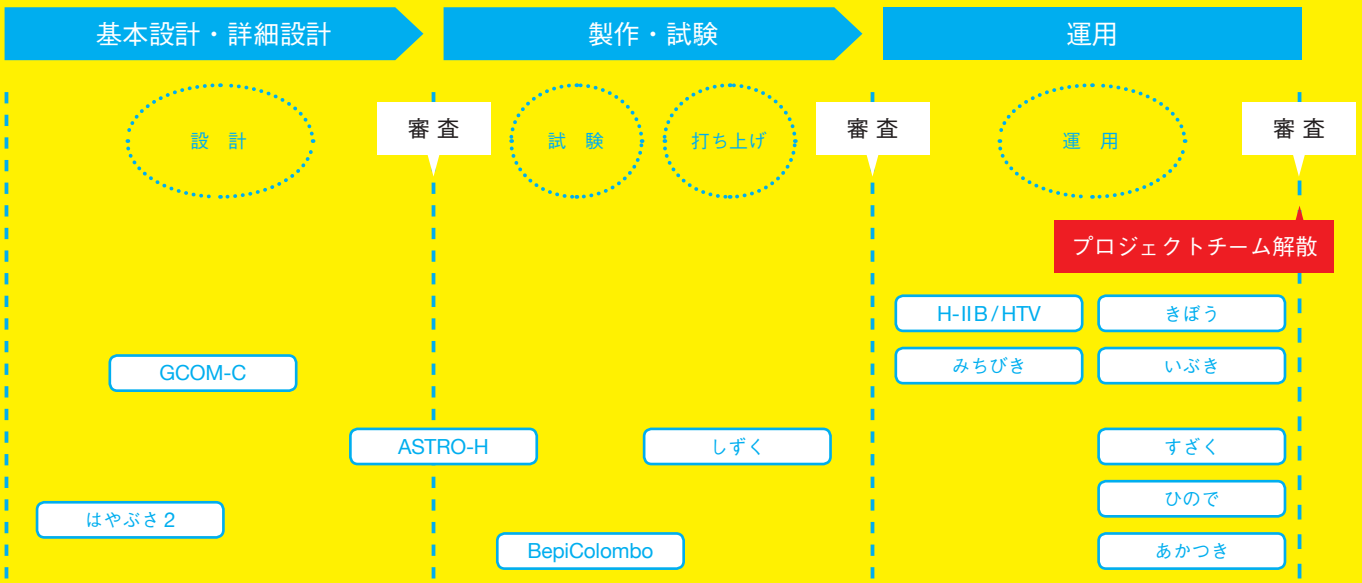
1970年に打ち上げられたソ連の「ベネラ7号」が金星に着陸し、初めて地球以外の惑星表面からデータを地球に送りました。

どんな宇宙船で行くのか

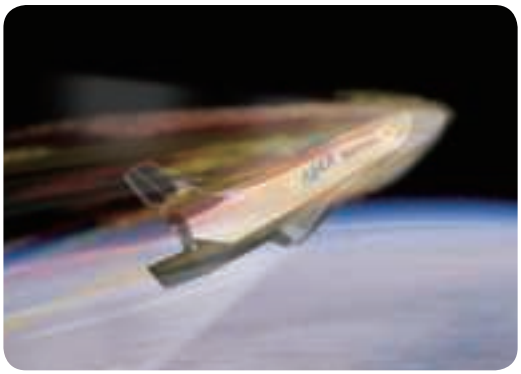
宇宙に行くには、どのような宇宙船が必要なのでしょうか。どんな機能を持つエンジンと組み合わせるのがいいのか。同時に何人が乗れるのか。宇宙船といっても、目的や予算によりさまざまな選択肢が考えられます。

宇宙船開発のような巨大なプロジェクトでは、数多くのシステムを正しくマネジメントすることが重要です。プロジェクトの立ち上げ段階で、始まりから終わりまでを見通して何度も繰り返し計画を練ることで、予期せぬ状況の変化が生じても大きく後戻りすることなく計画を進めることができます。

プロジェクトの始まりと終わりを段階的に区別した「プロジェクトライフサイクル」に沿って、現在、研究開発が行われている宇宙船を紹介します。



有人宇宙船



概念検討 ▶ 概念設計 ▶ 計画決定 ▶ プロジェクトチーム発足

「3名のクルーが地球周回軌道上で宇宙ステーションにドッキングする」「210日の滞在後に地上に帰還する」「4名のクルーを月周回軌道に。7日間の月面活動を行い地上に帰還する」といったミッションを想定しながら、最適な宇宙船コンセプトを探る検討が続けられています。また、地球低軌道への往還、地球周回軌道から月遷移軌道、月への離着陸、地球帰還など、運用シナリオの各段階でどんな技術が求められ、どんな問題や解決策があるか、網羅的にかつ必要なところは重点的に研究を進めています。

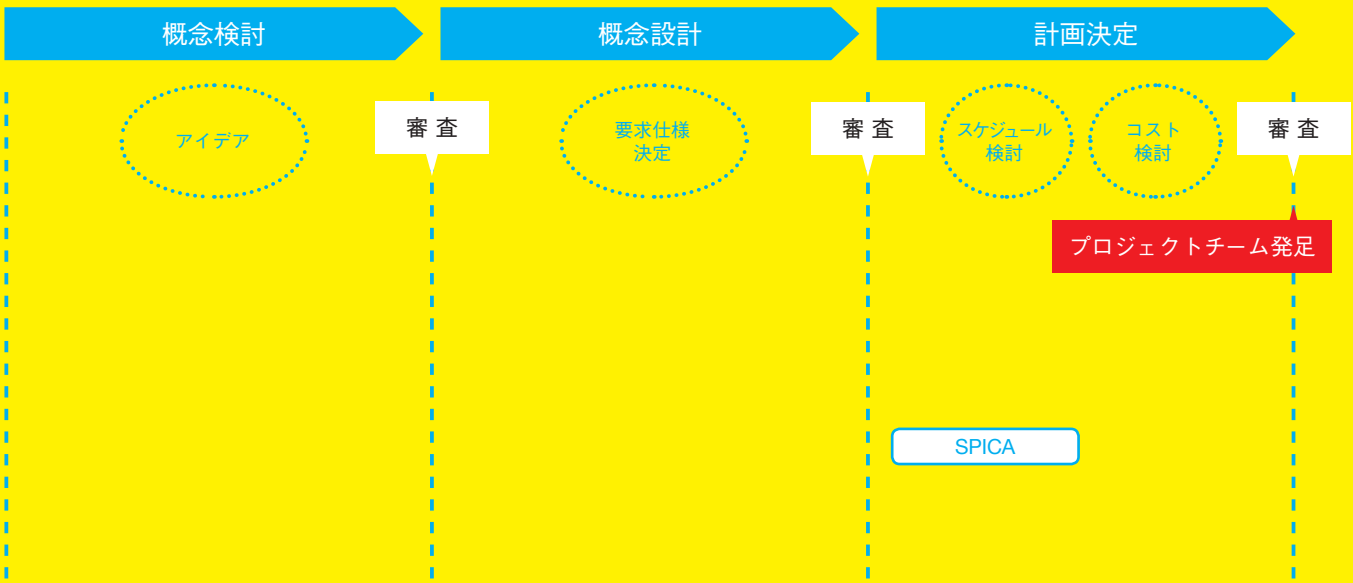
HTV-R

概念検討 ▶ 概念設計 ▶ 計画決定 ▶ プロジェクトチーム発足

2009年に初飛行した「HTV」は国際宇宙ステーション（ISS）への物資輸送のために作られました。2号機から「こうのとり」と愛称がついたこの無人補給機の発展型として、宇宙実験を終えた後の試料などを地球に持ち帰る「HTV－R」の検討が進んでいます。ISS離脱後に回収機（先端部分）を分離し再突入することで将来の有人宇宙活動を行う上で必須の「宇宙から地球への帰還回収技術」の獲得を目指します。「HTV-R」のRとは、地球に戻る「Return」を意味します。

プロジェクトライフサイクル

プロジェクトは幾つかの段階(フェーズ)で構成され、それぞれに厳密な審査を経ることで、次のフェーズに進みます。プロジェクトマネージャはこの開発ステップに沿って関係者との調整やリスクマネジメントを行いながら、ミッションの成功を目指します。



スペースプレーン

概念検討 ▶ 概念設計 ▶ 計画決定 ▶ プロジェクトチーム発足

飛行機のように離陸し、空気の揚力を使って高度を上げる「スペースプレーン」。秒速8kmまで加速し、地球周回軌道への往還飛行を可能にするためのエンジン研究では、マッハ10を超える速度での試験に成功しました。さらに、飛行実験の検討も進めています。また、地球周回軌道には入らず地上に戻ってくる「サブオービタルプレーン」についても①高度100kmまで往復する観光フライト、②近距離の超高速輸送、③大陸間の超高速輸送などの運用シナリオごとに、民間企業のビジネスモデルも考え合わせながら検討を進めています。

有人ロケット

概念検討 ▶ 概念設計 ▶ 計画決定 ▶ プロジェクトチーム発足

現在運用中のH-IIBロケットとの最も大きな違いは、外観の先端に緊急離脱装置「アボートタワー」が取り付けられていること。緊急時にタワー中ほどの小型ロケットに点火し、乗組員が乗る宇宙船を分離、引っ張り上げるようにしてロケット本体から離脱させます。飛行中はもちろん、発射台上でのトラブルにも対応可能。有人ロケットならではの特徴的な装備であり、アポロ計画のサターンV型ロケットや、ソユーズロケットでも使われています。メインエンジン(第1段)には、信頼性が高くトラブルが起きても爆発しにくい「LE-X」の複数台使用を想定しています。

宇宙へ向かうエンジン、宇宙で使うエンジン

飛行機に乗ってどんどん高度を上げれば、いつかは宇宙にたどりつけると思いますか？その答えはNOです。空気がない場所では、燃料を燃やすための酸素がありません。また「揚力」と呼ばれる、押し上げる力も空気がなければ使うことができません。

宇宙に行くためには、揚力に頼らず、酸素がなくても動かすことのできる「ロケットエンジン」が必要です。さらに、衛星となって地球を回り続けるためには新幹線の100倍、ジェット旅客機の30倍というとんでもない速度まで加速しなければなりません。これまで液体ロケットエンジンや固体ロケットモーターが、その仕事を担ってきました。

ここでは構想段階にあるものも含め、さまざまな原理のエンジンを紹介。「はやぶさ」が使用した宇宙に出てから他の惑星に向かうときに必要となるきわめて効率のいい「イオンエンジン」やJAXAで開発中の次世代エンジン「LE-X」について解説します。

― 宇宙への／宇宙での推進手段 ―

運用中または宇宙実証済　研究中　構想段階

プロペラントあり（プロペラントが軽くなるほど高効率）			プロペラントなし	エネルギー／推進原理
空気吸込み式	燃焼ガス	水素ガス、プラズマ、素粒子	フィールド推進含む	
エアブリージングエンジン	液体ロケットエンジン 固体ロケットモータ			化学反応エネルギー （燃料と酸化剤）
			スイングバイ	惑星重力場
		電気推進（イオンエンジン） マイクロサーマルスラスタ	ソーラーセイル	太陽光
			導電性テザー	電磁力
		レーザー推進		レーザー光照射
			マスドライバ	力学的加速
		原子力ロケット		核分裂（質量エネルギー）
		核融合ロケット		核融合（質量エネルギー）
		Solid Core / Gas Core Plazma Core / Pellet Fusion / Pion rocket / 光子ロケット		反物質との対消滅 （質量エネルギー）
			軌道エレベータ	惑星自転
			ワープ ワームホール	未解明

試験中のイオンエンジン「μ10」。噴出しているのはキセノンイオン。キセノン原子から電子を引きはがしてプラズマ化したもので、プラスの電荷を帯びている。これをマイナスの電荷を帯びたグリッド電極（多孔のカーボン板）で加速して放出。同時に、電子をグリッド左側の「中和器」から出し電荷をバランスさせている。推力は非常に小さい（1円玉1枚を持ち上げる力）が、きわめて高効率。

用語解説

● プロペラント

「プロペラント」とは推進剤のこと。プロペラントを後方に噴出することでエンジンは推力を得る。燃焼ガス、水素、プラズマ、素粒子と、プロペラントが軽くなるほど、推力は小さくなるが効率は上がる。

● 液体ロケットエンジン

宇宙への推進手段として現在まで最もポピュラーなものは液体ロケットエンジン。日本のH-IIA／H-IIBロケットも液体酸素と液体水素を第1段、第2段の推進手段としている。

● 固体ロケットモーター

固体ロケットの場合、エンジンではなくモータと呼ばれるのが通例。JAXAの宇宙科学研究所（相模原）はペンシルロケット以来、固体ロケットの技術を磨いてきた。イプシロンロケットがその流れをくんでいる。

● エアブリージングエンジン

航空機用のジェットエンジンは、広い意味でエアブリージングエンジンの1種。エアブリージングエンジンは、サブオービタルプレーンやスペースプレーンに有望な技術要素として開発が進む。

● 電気推進

イオンエンジンに代表される電気推進は、液体／固体ロケットとの対比で「非化学推進」とも呼ばれる。プロペラントを太陽電池から得る電気エネルギーで加速するため、非常に効率がいい。しかしパワーは小さく、宇宙空間で長時間運転されることで真価を発揮する。

● スイングバイ

スイングバイとは、天体の引力を利用して加減速や進行方向を変える運用方法。非常に精密な軌道制御が必要となる。

● ソーラーセイル

大きな膜で太陽光を受けて力を得るソーラーセイルは、1辺14mの正方形の膜を宇宙で広げたJAXAの「イカロス」が世界ではじめて宇宙実証した。大きな面積の太陽電池でイオンエンジンと併用する計画も検討されている。

※研究中や構想段階にある推進手段の中には、物理法則が不明なもの（ワープ）や、高強度の素材がまだ存在しないもの（軌道エレベータ）なども含まれている。

液体ロケットエンジンの種類

液体ロケットエンジンでは、燃焼室に燃料を送り込むポンプの性能がエンジン全体の性能を大きく左右します。ポンプ駆動のエネルギーは高温の燃焼ガスなどから得ることになりますが、その駆動ガスをどう作るか、駆動後のガスをどうするかで、液体ロケットエンジンは４つのタイプに分類されます。

タービン駆動ガスを副燃焼室で生成するタイプ

２段燃焼サイクル　**ガスジェネレータサイクル**

H-IIA/H-IIB の LE-7A やスペースシャトルメインエンジンの「２段燃焼サイクル」は、副燃焼室でタービン駆動ガスを生成、駆動後のガスを主燃焼室に戻すタイプ。燃料をムダにしないので高出力で高効率を得ることができますが、始動や制御には精妙なコントロールが必要です。

同様に、副燃焼室で生成したガスでタービンを駆動し、駆動後のガスを排気するのが「ガスジェネレーターサイクル」です。液体ロケットでは最も実績があり、サターンV型ロケットで使用されたF-1エンジンを代表としてデルタ、ソユーズ、アリアンロケットなどで使われています。

LE-5B エンジンの燃焼実験

燃料が気化したガスでタービンを駆動するタイプ

フルエキスパンダ　**オープンエキスパンダサイクル**

副燃焼室を用いず、液体燃料が気化した際のガスでタービンを駆動するのが「エキスパンダサイクル」です。液体燃料は燃焼室やノズルの冷却に使われますが、その際に熱を受けて膨張（エキスパンド）します。そのパワーを使い、より多くの燃料を燃焼室に送り込むわけです。駆動後の気化ガスを燃焼室に戻すのが「フルエキスパンダサイクル」です。

また、駆動後のガスを外部に排気する方式「オープンエキスパンダサイクル」（またはエキスパンダーブリードサイクル）は、H-IIロケット第2段のLE-5Aエンジンで初めて実用化に成功しました。燃料の一部を排気することになるので性能は多少落ちますが、副燃焼室を用いないため構造がシンプルで始動も容易。トラブルが起きても爆発しにくく、本質的に安全なエンジンです。机上の検討で大型化・大出力化のメドが立ったことで、有人ロケットへの適用可能性も視野に、次期基幹ロケットの第1段エンジンとして「LE-X」の検討が進められています。

日本の宇宙開発を支えてきた高性能エンジン「LE-7A」

H-IIAロケットでは１機、H-IIBロケットでは２機のLE-7Aエンジンが第１段の底部に取り付けられています。エンジン単体の質量はわずか1.8トン。しかし真空中で112トンもの推力（ロケットを押し上げる力）を出します。液体水素と液体酸素を少しだけ燃やし、そこで生じた高温のガスでタービンを駆動。同じ軸に取り付けられたポンプを使って、液体水素と大量の液体酸素を燃焼室に送り込み高出力を得る、という仕組みです。前身のLE-7で日本が築き上げた「二段燃焼サイクル」を継承しています。写真は燃焼試験の様子。エンジンまわりに見える白い煙のようなものは、極低温の液体水素で冷やされた空気です。約3000度の燃焼ガスを放出しますが水素と酸素の燃焼なので実は水蒸気。クリーンなエンジンでもあります。

向井千秋宇宙飛行士 インタビュー

日常が“非日常”に変わるとき

日本人初の女性宇宙飛行士として、また宇宙医学の分野でも第一人者として活躍する向井宇宙飛行士。
2度の宇宙飛行の経験から何を得て、そしてこれからの宇宙探検に何が必要だと考えているのか。
現在、特任参与を務める向井宇宙飛行士ならではの視点で、答えてくれました。

宇宙飛行士になる前、私は臨床医を目指していました。「病気を治したい」「人を助けたい」という思いから医者になり約10年、心臓外科医として病院に勤務していました。

ある日、新聞で宇宙飛行士の募集記事を見つけたのです。1983年のことでした。記事には「日本はこれから宇宙という環境をうまく利用し、宇宙でさまざまな研究をしたいので、科学者や医者などを宇宙に送りたい」と書いてありました。それまで私の中では、宇宙は仕事と結びつかなかったのですが、自分が今やっている仕事を宇宙に展開できると聞き、すごい時代になったのだなと、足が震えるほど感激したのを覚えています。それから「宇宙から地球を見てみたい」という思いが湧き上がってきたのです。地球を外から見ることで、きっと考え方が深くなるだろうし、視野が広がるだろうと。それが宇宙飛行士を目指したきっかけでした。

“日常”が“非日常”である

宇宙飛行はもちろん素晴らしいものですが、私が初飛行した時は、ガガーリンが初めて地球を見て「地球は青かった」と語った時からは随分変わっていました。今では、誰しも地球の姿を写真などで見ることができますし、先輩の宇宙飛行士たちから重力のない世界がどうなっているかという話を詳しく聞くことができます。また、宇宙空間は無重力とはいえ、航空機で低重力を体験できるパラボリックフライト（物放飛行）は誰でも経験できます。なので期待していたほど、宇宙飛行自体には衝撃的と呼べるような感動はありませんでした。むしろ私が一番感動したのは、地球に帰ってきた時です。「モノは落ちる」といった当たり前のことが、当たり前ではない。重力があるということや雨が降るということ、上下があるということ……。宇宙から帰って来て、地球はとても特殊な空間なのだということに気づかされました。今まで頭では理解していましたが、重力があるということがこんなにも不思議なことなのだということを、宇宙飛行のおかげで気がついたのです。私は凡人なので宇宙飛行をして気がつきましたが、宇宙飛行をしなくても、アインシュタインやニュートンのように「モノが落ちる」ということに興味を持ち、新たな法則を発見する人もいます。人間の発想力やイマジネーションは、私たちが思っている以上に優れているのだと思います。

実際、日常の中の非日常が、本当は一番面白い。ドアを開ける時、取っ手が回りますが、これは自分の体重を使い体を固定して回しているから。宇宙空間のような場所では、取っ手を回そうと思っても体が固定されていないので、自分自身が回ってしま

う。自分とそれ以外のモノはすべて相対的なものであって、いかに重力に縛られ、自己中心的な考えだったかを思い知らされました。

人間が心地よい重力とは

地球は重力文化です。重力があるから大気の分子が引き付けられ、それが層になることで、太陽の強い光から守ってくれています。また人間の体も重力に合わせたつくりや機能になっている。月や火星は別にして、周回軌道で地球の周りを宇宙船で飛んでいる間は微小重力になります。重力が小さい場所に行くことで、今まで私たちが受けている重力というものが何なのか、研究することができる。例えば、耳の検査をする時には防音室に入って小さな音を聞いて判別します。何かを調べる際には、何も無い環境が好ましい。つまり、重力について調べたかったら、重力のない場所に行かなければいけないのです。微小重力である宇宙空間は非常に面白い場所です。遠心力を組み合わせることで、地上で1G以上の重力を作ることはできます。しかし、月のような地球の約6分の1しかないパーシャルG（0～1Gの重力）を再現することは、地上では短い時間しかできません。地球に生きている限り、私たちには1Gしか選択肢がないのです。

ところが、国際宇宙ステーション（ISS）に行けば、1G以下の自分の好きな重力を作ることができます。例えば、体が重くて動けない人がいたとしても、0.5Gの場所にいけば体重は半分になります。火星の重力は地球の3分の1なので、きっと動きやすいでしょう。マラソン選手がトレーニングのために高地で練習したり、季節が変わると寒い場所から暖かい土地へ移住して暮らすことができるように、将来的には自分の好みの重力を選んで生活するようになることも考えられます。

1Gが細胞にとってベストとは限らない。重力が小さい宇宙で細胞培養したほうが収穫が多くなることもある。また、私たちは1Gしか経験していませんが、もしかすると0.3Gのほうが心地よいと感じるかもしれません。それは生きる自由や選択肢を増やすことにつながると思っています。

「宇宙医学」の必要性

進化ということを考えるのであれば、海から陸へ上がり、地球環境から外に出るのは当然の成り行きです。放っておいても、人間は宇宙に行くでしょう。生物だけではなく、水の入ったコップの中にインクを垂らせば、自然とインクは広がります。同じようにすべてのモノは、年月はかかったとしても、活動範囲は広がっていくものなのです。

今までの進化は、その環境に適応したモノだけが生き残ってきました。それは自然の流れなのですが、ロケットで宇宙へ人を送る際には、生き残れる人だけを送るわけにはいきません。最低限、宇宙で生きられるような環境づくりが必要です。人間は、酸素が全くない状態や零下何度といった寒い場所では生きられないので、生命維持システムが必要です。

また月については、人間が生きて帰ってくるための情報がすでに蓄積されています。しかし、火星はまだまだ分かりません。そもそも、火星飛行には3年はかかります。たどり着くまでにたくさんの宇宙放射線を浴び、さらに無重力のため筋力も落ちてしまうでしょう。そうなった場合、火星に到着したとしてもすぐに作業ができないのです。宇宙でどのような対策が必要なのか。これからの宇宙探検には、ますます宇宙医学が必要不可欠となるでしょう。

チャレンジ精神を持つこと

宇宙開発は、1つの国や1企業でできることではありません。餅は餅屋という言葉のとおり、おのおのが得意分野を持ち寄り、総合的なプロジェクトとしてやったほうがいい技術が集まるし、予算もかからない。文化の違いや利害関係を超えたプロジェクトこそが、宇宙開発なのです。地球の中ではどうしても競争が起こってしまう。でも、地球から外へ出るということは、共通の目標に向かってチャレンジできるわけです。そこで今までバラバラだった人たちが一致団結することができる。

日本は、技術開発の優れた力を持っています。また「人」も魅力です。丁寧で真面目、一緒に仕事をしていて信頼に足りうるチームを作ることができます。ただ日本は島国ということもあり、内に秘めたチャレンジ精神はあるのですが、屍（しかばね）を乗り越えてでも向かっていくような外に向けたチャレンジをする人は少なく、失敗に対して非常に厳しい。失敗から何を学び、どのようにリカバーしかたという評価があまりされず、セカンドチャンスがなかなか無い。人間は完璧ではないので、誰でも、どんな優秀な人でも失敗はします。その時にどういうリカバーができるかが、本当の実力なのです。

私は、チャレンジャー号とコロンビア号の2度の事故を見てきました。そこでやめずに乗り越えて、次へ進む力を持っているアメリカはすごいと思いました。また、1998年にジョン・グレン宇宙飛行士が77歳でスペースシャトルに乗って宇宙へ行きました。今、日本で70歳代の人が宇宙へ行くとなったら世論は「若い人に譲りなさい」となるでしょう。それがアメリカでは、みんなが応援した。年齢に関係なくチャレンジする人たちを育む懐の大きさは見習うところがあると思います。

宇宙を担う、次の世代へ

もし私がまた宇宙に行ったとしたら、パーシャルGの研究をしたいと思っています。転ぶ、落ちる、月が昇る、日が沈む。言葉や表現は、すべて重さが関係しています。もし重さや上下の表現を無くすと、極端に語彙（ごい）が少なくなります。人間や生物にとって、重力がどのような役割を与えているのか。肉体的なことや細胞レベルだけではなく、精神的なことについても調べてみたい。もちろんISSでもできますが、私は月の重力空間で研究をしたいと思っています。

私のモットーは、「仕事場は宇宙」。今は、目の前にある活動を宇宙へ広げることができる時代です。職業はさまざまでも、地球上と同じ仕事が宇宙で必要とされていくはず。宇宙と地球の区別は、意味がありません。私たちは、宇宙という中の特殊な地球という場所にたまたま生きているだけ。生きている間は、好きなことやれる人生を選び、そして自分の可能性を広げていければいいと思います。

向井千秋（むかい・ちあき）
1952年、群馬県生まれ。日本人女性初となる宇宙飛行士。1977年慶應義塾大学医学部卒業。同年医師免許取得。1988年同大学博士号取得。1994年、1998年と2度の宇宙飛行を行い、生命科学および宇宙医学の分野の実験を実施。有人宇宙環境利用ミッション本部有人宇宙技術部宇宙医学生物学研究室長を経て、現在は特任参与を務めている。

ミウラ折の紙地図への応用

ミウラ折りとは、1970年に東京大学名誉教授の三浦公亮氏が考案した、太陽電池パネルを広げるために用いる折りたたみ構造のアイデア。紙地図や路線図、製品カタログなどに応用されています。

ミウラ折りラボ　http://www.miuraori.biz/

製缶技術「ダイヤカット缶」

ミウラ折りを考案した三浦公亮氏の宇宙機の研究から生まれた「ダイヤカット缶」。トラス（三角形の骨格構造）の形状により強度が増し、軽くて丈夫な構造が特徴です。「ダイヤカット缶」は現在、飲料メーカーの缶チューハイに採用され市場で販売されています。

東洋製罐　http://www.toyo-seikan.co.jp/

WEBサイト海外都市ガイド「JAL MAP」

海外旅行で役立つ地図やショップガイド、レストラン、ホテル情報などをWEB上で提供するWEBサービス。陸域観測技術衛星「だいち」が撮影した衛星データを利用しています。

JALインターネットサポート　http://www.jal.co.jp/jalmap/

「JAXA COSMODE PROJECTとは」

日本の宇宙開発から生まれた最先端のアイデアを、より多くの人の生活に利用できるように発足した、プロダクト開発プロジェクトです。

http://aerospacebiz.jaxa.jp/jp/cosmode/

宇宙開発で生まれたコト・モノ

宇宙ミッションを成し遂げるためには、常に新たな技術やアイデアが必要とされます。
その宇宙用に開発された技術がスピンオフ（技術移転）され、
私たちの生活に役立っています。宇宙開発で蓄積された技術を応用して生まれた商品をはじめ、
JAXAと民間企業の協力から生まれた商品やコラボレーション事例を紹介します。

衛星の恵み「うれしの茶」

永享 12 年（1440 年）に中国大陸から移住した唐人が陶器を焼く技術とともに自家用の茶樹の栽培を伝えたと言われている、佐賀県嬉野市の茶畑。その歴史のある茶園の中から、地球観測衛星を利用して優良茶園（茶葉の窒素含有量が 6%以上で、繊維含有量が 18%以下の茶園）を選び、高品質な茶葉を使って JA 直営の製茶工場で作られたお茶が、衛星の恵み「うれしの茶」です。

JAさが　http://jasaga.or.jp/nousanbutsu/tea/ureshino_cha/

家庭用浄水器「クリスタル・ヴァレー」

宇宙空間における水再生の技術を応用した家庭用浄水器。省電力設計、小型化、飲料水に必要なミネラル成分添加に関する技術など、研究開発の過程で生まれたノウハウが生かされています。

ニューメディカ・テック　http://www.nmt.or.jp/

消臭下着「MXP」

シャワーや洗濯機のない「国際宇宙ステーション（ISS）」で、宇宙飛行士がより快適に暮らせるように作られた宇宙下着です。その技術を応用し、加齢臭と汗のニオイを大幅に減少させる素材「マキシフレッシュプラス」を開発。汗のニオイを92%、加齢臭を 82%カットした下着が誕生しました。

ゴールドウィン　http://www.maxifresh.jp/plus/

「きぼう」日本実験棟の有償利用

きぼう有償利用とは、必要な費用を利用者が負担することで主体的に「きぼう」を利用し、その成果を占有するという利用方法。「きぼう」の潜在的な価値を引き出し、宇宙利用の可能性を広げることを目的として2007年にスタートしました。これまでに、テレビコマーシャルやイベント向け映像素材の撮影、記念品や種子・酵母等の打上げ・回収、子供たちの詩や絵画作品の打上げなどを実施しています。今後も、さまざまな人たちに「きぼう」を通じた夢の実現や宇宙を身近に感じてもらうきっかけになることを期待しています。

有償利用事例「ソフトバンク 白戸家 Session2 宇宙シリーズ」　DENTSU SPACE PROJECT

毛利衛 日本科学未来館館長・宇宙飛行士 インタビュー

「宇宙探検」が私たちにもたらすもの

科学者として宇宙飛行士を目指し、1992年と2000年の2度にわたる宇宙飛行を成し遂げ、現在は日本科学未来館の館長としても活躍する毛利衛宇宙飛行士。宇宙へ行くことで何が変わったのか。そして、毛利宇宙飛行士が提唱する〝ユニバソロジ〟とは――。

〝生きている〟実感を得る

本当のところ、宇宙に行っても、行かなくても同じなのです。つまり、変われるかどうかは、その人自身の心次第だということ。例えば、チベットの奥地で修行することで変わる人もいるだろうし、松尾芭蕉のように自然の中で詩を作ることで変わる人もいる。変わるためには自然の中の本質を見極め、そして生命の根源的な部分に触れることが大切です。また、人は大きなモノに触れた時に変わりやすい。一度も海を見たことがない人が初めて海を見ると圧倒されます。その大きな自然を前にすると自分の心はショックを受け、変わるのです。そういった大きな自然の延長線上に、宇宙はあります。

宇宙へ行くということは、今の科学技術では非常にハードな訓練をしなければなりません。よく主要国首脳会議（G8）を国際宇宙ステーション（ISS）で開催すれば平和になるのではという話を聞きますが、とんでもない。各国の首脳が訓練して徹底的に苦労し、苦しい思いをしてから行けば変わると思いますが、ファーストクラスで楽に行ったとしても効果はない。宇宙へ行くということは、単に地球を外から見るだけではなく、地道でハードな訓練を積むという、そのプロセスが重要なのです。そして訓練をしていく中で苦しみや楽しみ、生きているということを実感できる。実際に壁1つ隔てた死の世界の宇宙空間で、それぞれが飛行任務を実行していかなければ生還できない、という責任感が必要です。

修行をして変わるということと、自分の生命を脅かすものに対峙することで変わるということは全く違います。頭の中で考えているだけでは、人生観は変わりません。表面的なことではなく、自分自身の内面から変わること。それをみんな求めているわけですよ

オーサグラフ世界地図

建築家である鳴川肇氏が生み出した、すべての陸と海をつなげた世界地図。三次元の球体を、面積比を保ちながら二次元の長方形に投影するシステムを用い、既存の地図ではゆがんでいた南極大陸などを正しく表記。名称はauthalic（面積が等しい）とgraph（図）に由来し、世界に中心は無く１つにつながっていることを教えてくれます。日本科学未来館の「つながり」プロジェクトにもオーサグラフ世界地図が用いられています。

© AuthaGraph　www.authagraph.com

ね。生命の根幹に関わる経験で価値観が変わることは地上でももちろんありますが、あくまで人類が生まれた地上環境においてです。宇宙空間はそれと全く違う空間。人類が経験していない環境に対峙することによって、さらに違う何かを得るのでしょう。

宇宙から見た地球の今

宇宙への興味は、ほとんどの人が個人単位で考えています。しかしその個人が変わるということの背後には、さらに奥深いことが潜んでいる。宇宙開発を進めるにあたり、個ではなく人類・生命全体を考える。それが私の考える〝ユニバソロジー〟という視点です。

ガガーリンが人類初の宇宙飛行を成功させてから50年の間、人類は個の経験を通して積み重ね、宇宙に関するさまざまなことが見えてきました。しかし、見えてきたということは同時に、地球温暖化や生物多様性の減少など、人類が危うい状況になってきたということの証明でもあります。その問題を解決するために、人類は宇宙からの視点を獲得して知恵をつけたわけです。見えるということは限界が分かり、そして悩むことができる。見えないと限界すら分からない。科学技術の発展は分からないことを分からせてくれるのです。

かつて私が想像していたほど、宇宙開発は進みませんでした。今から40年以上も前の１９６９年にアポロ11号が月に降り立ったにもかかわらず、依然として宇宙に行くことへのハードルは高いままです。それはやはり、人間の力が足りないのだと思います。コンピューターに頼り過ぎているという理由もあるでしょう。確かに個を見ると一部分の能力は上がっているのかもしれません。しかし、総合的な能力がまだまだ足りない。月へ行った時代は、圧倒的な能力を持った個が冒険し、大きな飛躍をすることができました。一方、現在の宇宙開発はさまざまな国が協力して作り上げた国際宇宙ステーション（ＩＳＳ）のように、チームワークが必要です。チームワークは時に技術の進化を早めるかもしれませんが、個が冒険するチャンスを奪ってしまう可能性があります。これからの宇宙開発は、多くの人が喜ぶことをしなければいけません。現在は、ビジネスとして成功する宇宙開発や研究目的、そして地球観測のように自然災害を防ぐために役立つ宇宙開発など、社会に役立つ宇宙開発が進められています。

若い世代が描く「宇宙探検」の未来

すでに宇宙飛行への技術がある程度蓄積された今、民間人が冒険としての宇宙空間への挑戦ができる可能性を見い出したり、観光としてもっと安全に気軽に宇宙空間を経験することを目指す必要があります。また一方では、専門家が宇宙空間を利用して地球生命が生き延びるノウハウの研究蓄積を、まさに基礎科学のように地道に続けなければなりません。個人と人類の夢を描く宇宙探検と、人類生命を維持するための宇宙探検が同時に必要なのです。

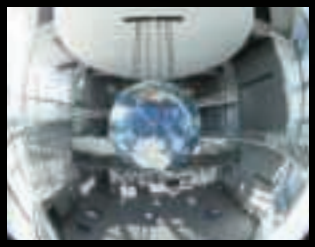
そしてまた、宇宙探検の意義を分かりやすく社会に説明する必要がある。その一端を担うのが、日本科学未来館の科学コミュニケーションの活動です。日本科学未来館では、現在挑戦している科学者、専門家の活動と意義を分かりやすく説明する展示やプレゼンテーションを行っています。

最近では、建築家の鳴川肇さんが生み出した「オーサグラフ世界地図」に注目しています。この地図は北も南も関係なく、私が宇宙から見た地球のイメージに非常に近い。今までのメルカトール図法による地図とは異なり、世界がつながっていることが分かります。今後この地図に、ありとあらゆる情報を集約していく予定です。

ＪＡＸＡをはじめ、宇宙開発の場では若い人たちへチャンスを与える機会をどんどん増やしていくべきです。個人や組織がだんだん年を重ねると、どうしても保守的になっていくのは仕方のないことかもしれません。しかし宇宙開発とは、ＪＡＸＡ組織のためより、人類の発展につながる、すごく意味深い仕事だということをきちんと理解することが必要です。日本の発展のため、そして人類が生き延びていくために、宇宙探検は非常に大切なことなのです。

毛利衛（もうり・まもる）

1948年、北海道生まれ。理学博士。北海道大学助教授を経て、1985年に宇宙開発事業団（NASDA）の宇宙飛行士に。専門は核融合材料科学、真空表面科学、1992年、2000年の2度にわたりスペースシャトルに搭乗。現在は、東京・お台場にある「日本科学未来館」の館長として活動している。著書に「宇宙から学ぶ ユニバソロジのすすめ」（岩波新書）、「モマの火星探検記」（講談社）など多数。



日本科学未来館

〒135-0064 東京都江東区青海2-3-6
開館時間：10時～17時(入館は閉館30分前まで)
休館日：毎週火曜日（ただし、祝日、春・夏・冬休み期間中は開館）※施設保守のため臨時で休館日を設ける場合があります。
入館料：大人600円、18歳以下200円＊特別展示は展示により料金が異なります。
Tel: 03-3570-9151（代表）
http://www.miraikan.jst.go.jp/

〖 1人でも多くの人たちが宇宙へ旅立つために 〗

岐阜県・大垣市立静里小学校5年生の感想文（2011年10月撮影）

編集後記

この1年間、寝ても覚めても「有人宇宙ミッション」について考えてきました。「なぜ人は宇宙に行くのか？」「どんな宇宙船が必要なのか？」「なぜ宇宙の話は、人を笑顔にさせるのか？」と自問自答し、また会う人たちにも問いかけてきました。そして、たくさんのことに気がつきました。その1つが、ロケットや人工衛星をつくるだけでは「宇宙が身近」にはならないということでした。これからの宇宙探険は、もっと多くの人々と対話（communication, dialogue）することが重要だと……。そして生まれたのがこの「日本の宇宙探検」です。

この本の制作にあたっては、数多くの困難がありました。そもそもエンジニアである私がなぜこのような本を作る必要があるのか。JAXA内部での理解を得るため、通常業務を行う以上の大変なエネルギーが必要でした。そんな時、岐阜県大垣市立静里小学校で講演をする機会がありました。後日、送られてきたのがこの写真です。本の制作にあたり何度も壁にぶつかる度に、私はこの写真を見返しました。彼のまっすぐな宇宙への憧れや夢から元気をもらい、「伝える努力」を止めてはならないと思いました。そんな力をくれた杉原怜央君と、講演の機会を下さった宇宙教育センターに感謝します。

実はこの本ではいくつもの新しい挑戦をしています。その1つが500円という価格です。もしすべての日本国民から1年間に500円玉1つ分の支持を得ることができたなら、10年後には種子島から、毎年1機ずつ「日の丸宇宙船」を打ち上げられると私は試算しています。この本は「日の丸宇宙船」に500円の価値があるのか？という問いかけでもあるのです。もし、「日本の宇宙探検」を支持していただけるなら、この本をひとりでも多くの方に伝えて下さい。普段の生活の中で「宇宙」が語られ、ワクワクを感じる人がひとりでも増やせたならば、「ミエル化」のミッションは成功したといえるでしょう。

最後に、約1年間にわたる「有人宇宙ミッション検討のミエル化」に関わった皆様に御礼を申し上げます。この本を制作するにあたり、私が入社してからお世話になったJAXA内外の方々にご協力いただきました。とりわけ、この提案を認めて下さった立川敬二理事長に感謝します。

いつの日かこの小さな活動が、少なからず宇宙に憧れや夢を持つ人々の役に立つことを願っています。

2012年1月19日

有人宇宙ミッション検討のミエル化提案者代表
JAXAシステムズ・エンジニアリング推進室
髙橋伸宏

日本の宇宙探険

2012年３月８日　初版印刷
2012年５月５日　２刷印刷
2012年８月22日　３刷印刷
2013年７月31日　４刷印刷

著者　宇宙航空研究開発機構（JAXA）有人宇宙ミッション検討のミエル化チーム
写真　鈴木心（表紙、裏表紙、P.4、P.6-9、P.11、P.57、P.62、P.66、P.74、P.78）
©JAXA/NHK（P.1）、©NASA（P.16、P.68-69）、©JAXA/NASA（P.16-17、P.21-24）、©JAXA
デザイン　FLATROOM（中村洋太、種市一寛）
編集・文　髙橋伸宏（JAXA）、服部円、喜多充成（P.62-63、P.70-73）、林公代（P.19-24、P.64-65）
発行・発売所　日経印刷株式会社
〒102-0072　東京都千代田区飯田橋2丁目15-5
☎ 03-6758-1013

本書の無断転載を禁止します。落丁、乱丁本はお取替えいたします。

ISBN978-4-905427-06-3

リサイクル適性Ⓐ
この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。

▼ミエル化提案者代表
髙橋伸宏

▼書籍作成チーム
安部眞史
秋山恭平
江川集
小林高士
森本幸一
山隅允裕
四元和彦

▼ミエル化メンバー
（50音順）
赤城弘樹
足立寛和
油谷崇志
阿部まみ
網野真樹
飯島健
池永敏憲
石川主税
石﨑克彦
市川千秋
伊藤義浩
稲岡和也
今田高峰
岩城陽大
岩田直子
岩田陽子
岩渕泰晶
岩本裕之
上田敦史
上野浩史
臼井基文
内田修
内山崇
宇津巻竜也
大池宏和
大久保真也
大境恵子
大嶋龍男
大西充
大山佳英
岡崎峻
岡嶋秀樹
岡田修平
岡田匡史
岡本篤
岡本千晴
小川恵美子
尾川順子
沖田耕一
小口美津夫
小倉賢士
落合美佳
小野義雄
梯友哉
笠原春夫
片倉功一
加藤裕基
加藤真耶
金子将士
加納康仁
上村俊作
神谷岳志
神吉誠志
川北史朗
川崎聡
川島秀人
川瀬誠
川邊泉
河村耕平
菊池優太
杵淵紀世志
木下圭晃
櫛木賢一
工藤伸夫
國﨑亜唯
久保田勲
黒須明英
小出健司
古賀勝
小島俊介
小島孝之
小島淳
小平將裕
小谷勲
小寺正敏
小林清
駒津敬子
小松満仁
五味淳
雑賀宏喜
斎藤紀男
坂下哲也
桜井誠人
佐々木厚美
笹村舞実
佐藤直樹
佐藤正雄
佐藤正喜
佐藤善信
佐藤玲子
澤田健一郎
柴﨑浩一
島明日香
嶋田貴信
清水彰
清水達徳
白井達也
菅紀子
杉森大造
鈴木明子
鈴木久美子
鈴木啓介
鈴木淳一
鈴木裕介
砂川英生
関川知里
関根秀匡
曽根理嗣
染谷一徳
高崎浩一
高橋潤一
高橋晋平
高橋大祐
高橋政浩
高橋陪夫
高羽隆太
高山慎一郎
高山由香
宝田直樹
田口秀之
田口元
武井悠人
竹腰正雄
田島嘉幹
田中勇次
玉山能子
長福紳太郎
對木淳夫
辻紀仁
土屋佑太
寺下周平
中川宗敬
中野正敏
中橋亨
長濱謙太
永松愛子
中村徹哉
中村真理亜
奈良和春
成原一浩
西塚直人
西原雄次
沼田健二
野田明子
野田篤司
野中玲子
狭田晃司
橋本知之
初見定俊
馬場裕之
原英統
春山純一
東尾奈々
広瀬保嘉
深井宏
深川麻衣子
福井利夫
福西瑛司
藤井剛
藤本信義
藤原謙
布施哲人
船瀬龍
星川力
増田優子
松田郁未
松永芳樹
松村智英美
松本暁子
松本聡
松本勉
松山卓靖
間庭和聡
水野雅仁
三井雅美
光盛史郎
峰松拓穀
三原与周
宮崎和宏
三好寛
向井浩子
村上桂一
村木祐介
室岡純平
森杏
森戸俊樹
柳瀬恵一
矢野幸子
山崎孝
山元透
山脇敏彦
横田清美
吉田倫哉
若林野花
若林靖史
和田伸一
和田理男
渡辺重哉
渡邊麻由実

▼JAXA社内調整等でお世話になった方々
（敬称略、50音順）
麻生大
今川吉郎
上野精一
遠藤敬
小澤佐織
小澤秀司
小野沢れい
樫原彩子
加持勇介
金津美智子
菊地耕一
小林江里子
佐々木宏
佐藤満宏
杉山秀洋
多田永
舘和夫
立川敬二
富岡健治
長谷川義幸
林哲矢
樋口清司
広浜栄次郎
降旗弘城
向井利典
山田英二
吉田誠

▼制作作業でお世話になった方々
（敬称略）
日本科学未来館
大垣市教育委員会
大垣市立静里小学校
Live in SPACE Project
日経印刷株式会社
池上徹彦
大貫美鈴
高松聡
小山宙哉
むとうちづる
柏敦子
平山泰輔
毛利美穂
下出健人
安藤学武
梶原良介
松村泰起
神武直彦
宮崎ドイツ
霧賀ユキ
pandagokko

▼アンケート回答にご協力頂いた宇宙関連企業
（敬称略、50音順）
株式会社IHI
株式会社IHIエアロスペース
川崎重工業株式会社
スカパーJSAT株式会社
日本電気株式会社
日本スペースイメージング株式会社
株式会社バスコ
富士通株式会社
三菱重工業株式会社
三菱電機株式会社