

- 2018. 11
- 小嶋一郎
- NPO法人宇宙アドバイザー協会正会員
- IHIOB

・* 速報:はやぶさ2は目出度く6月27日リュウグウに到着しました

はやぶさ物語と はやぶさ初号機プロジェクトマネジャー 川口淳一郎さんの生き方(人生哲学)

はやぶさ2は2018.11現在順調に飛行しています
2020年末に帰還する予定、初号機を振り返りながら無事を祈ろう!!

はやぶさ初号機の開発と奇跡的帰還には川口淳一郎さんの人生哲学がある

川口淳一郎さんは発想豊かで大胆な戦略、緻密な戦術と危機管理能力がある、その紹介です

プレゼンター小嶋は昭和53年から現在まで日本の宇宙開発と共に生きて来た一人です。そんな中、はやぶさの奇跡的帰還を知りました。この成果を調べるうちに開発者川口淳一郎さんから多くの感動と勇気を得ました。その中から学んだ一片を紹介したくこの報告にまとめました。

はやぶさ開発 決断の背景

川口淳一郎さんの自信

関係先からいろいろの評価があったが、川口淳一郎さんは過去の失敗経験、先輩諸氏から教えられた生き方と関係技術者の持ち前の技術力を活かせば必ず成功出来ると言う自信からの判断であったと考える。

NASAの評価

挑戦的で野心的、誰も成功出来るとは思っていなかった。NASAはそんなリスクなものには手を出したくないのが本音であった。NASAは支援はするがハイリスクと判断したものには参入しない考え方であった。

日本の関係者の評価

ハイリスクハイリターンの案件、日本の関係者間でも成功を疑い、トトカルチョが正立しない程の評価であった。

開発決断の背景

日本はいろいろの技術をもっていて、NASAとは技術交流をして来たが、注目すべき事はNASAの豊富な人力と資金力で日本のオリジナリティは悉く持って行かれた背景がある。このような状況のもとで、日本がNASAに勝ち、世界一になるには、誰にもマネの出来ない事をする。それにはこのテーマ、太陽系誕生時(約46億年前)の状態を留めていると言われる小惑星「イトカワ」の地表から物質を持ち帰る「**小惑星のサンプルリターン**」である事しかない判断した。

プロジェクトマネージャ川口淳一郎さんの発想力

- ①はやぶさ初号機の開発、そのはやぶさの奇跡的帰還の裏にはプロジェクトマネージャ川口淳一郎さんの**発想力と決して諦めない情熱**を抜きに考えられない。
- ②この考えははやぶさ2にも生きている。
- ③日本は技術力がある、技術立国としてそれにふさわしい立派な国であることを世界に示した。
- ④この成果と発想力をこれからの日本に向け「成熟社会に向けて存在感ある日本へ」をモットーに、国民自身の自律を基本とし、経済、外交、防衛など国の存在の論理と方向性として生かすべきでしょう。

はやぶさ 初号機のプ ロジェクトマ ネジャー川 口淳一郎さ んから現代 の生き方を 学ぶ

「はやぶさ」初号機は幾多の試練に打ち勝って帰還しました。その成功の秘訣は、川口淳一郎さんの発想豊かで大胆な戦略、緻密な戦術と危機管理能力で持って、このはやぶさプロジェクトの技術集団の心、力を一つに結集した事であったと考えます。

すなわちエンジンからロボットまで多分野の技術開発者（専門教授、協力会社技術者）を巻き込み、**技術のパッケージ化と、技術者に高い目標を与え、それをクリアする事に喜びを与え、モチベーションを高くした川口さんのリーダーシップにあったと考えます。**改めて川口さんの著書「閃く脳の作り方」を読んで、はやぶさの奇跡的帰還の快挙が理解出来ました。この件を私の考えを入れて紹介します。

プロジェクトマネージャー川口淳一郎さん から 学ぶべき現代の生き方

発想の転換

- ・ 高い塔を建ててみないと新たな水平線は見えない

私達は往々にして自分が見たり、聞いたり、触れたり出来る目の前の事象が世界のすべてだと錯覚する。しかし立ち位置を換えたり、望遠鏡で覗いたりすると、それまで見えなかった事実、気付かなかったことが見えてくる。

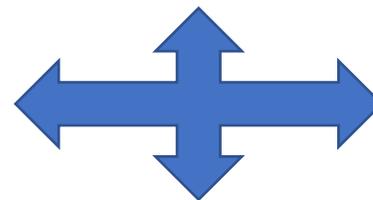
科学技術政策を一例にとして見ると目先の利益、実用だけ見ていると考える。航法衛星や地球観測衛星は人類がその活動範囲を拡大した結果始まったものです。これは人類が地球を周回するという空間を活動領域に出来たからにはほかなりません。

高い塔から遠くを見渡し、「未だ来ぬ」ものをつかむことが大切、視点を変えて見よう。

はやぶさ初号機の誕生の裏にはプロジェクトマネジャー川口淳一郎さんの生き方がある

- ・高い塔を建てて水平線を見る発想力
- ・格付けからの脱皮、フロントランナーになる
- ・オンリーワンを目指す

- ・創造を拓くには、イノベーション(飛躍)を引き起こすようなインスピレーション(ひらめき、着想)を育てる



- ・HOWの呪縛を脱し、WHATの前の壁を超えよう(発想の転換)。
- ・まずWHAT(何をすべきか)の目標を立て、その後HOW(どのように=手段)を育てる習得に入る

- ・タイムカプセルと言われる小惑星探査で生命の起源を探る
- ・太陽系大航海時代がやって来る予測
- ・惑星間探査の布石、他の衛星から資源獲得への布石

太陽系大航海時代がやって来る

- ・タイムカプセル
小惑星探査でなにがわかるか。
- ・生命の起源は宇宙からやって来た？

今や宇宙開発が人類の活動範囲を拡大する必要がある。人類の活動範囲を拡大する必要がある。

高い塔から遠くを見渡し、
「末だ来ぬ」世界を觀よ
うではないか

地球を含む太陽系の誕生は約46億年前とされていますが、宇宙開闢（かいびやく、ビッグバン）は約138億年前です。

つまり、太陽系は最初から存在したわけではなく、ビッグバンから90億年ほど経って生まれた。

地球あるいは太陽系が誕生した時、その材料となったのは爆発した超新星の残骸でした。地球にはウラニウムが存在しますが、これは超新星の爆発でしか作られない元素なのです。

小惑星探査「はやぶさ」は、科学的成果を挙げるための単なる研究ではなく、人類の活動範囲を拡大することは、高い塔から遠くを見渡すことです。

格付けからの脱皮
フロントランナーに
なる覚悟をしよう

・格付けで安心していないか

・フロントラインに立とう

トップに立たなくとも、2番手か3番手くらいで先頭グループの中にいればいいじゃないかという考え方があります。

日本人はランキングが好きです。こうした「格付け」は相対的な一つの目安にすぎないのですが、どうも、日本社会にはそれを絶対視する風潮にあります。

格付けからの脱皮が必要です。勉強、学習ではなく、創造、研究に取り組まなければならないのです。

そしてフロントラインに立とうではないか

HOWの呪縛を脱し、WHATの前の壁を超えよう

・ HOWの呪縛を脱し、WHATを先に決める訓練が必要

勉強、学習とは過去を見ることで、HOW（どのように＝手段）の習得にすぎません。

一人前になるには、HOWの呪縛を脱し、何をするかのWHATから始める発想です。

HOWを教えてくれる人は多くいますが、WHATは誰も教えてくれません。ここに難しさがあります。まず先に「こういうものを開発したい」という意思があり、そのために必要な文献を読むと言う発想が大事である。

研究者のアプローチはそういう順番です。

オリジナリティとは何か

オンリーワンを目指す事！

オンリーワンを目指す

ナンバーワンを目指すのではなくて、自分の信じた道をゆくオンリーワンを目指すことです。

その人がその人である理由は、オリジナリティ以外にありません。それが、アイデンティティです。

逆に言えばすべての人はオリジナルな存在なので、それをより発揮できる仕事をし、生きていくのが望ましい。

そうすれば必ず新しい事が生まれる、大切な事 !!

創造の時代を拓くには、イノベーション(飛躍)を引き起こすようなインスピレーション(ひらめき、着想)が必要です

日本は閉塞感に悩まされているけれど、これを打ち破って創造の時代を拓くには、イノベーションを引き起こすようなインスピレーションが必要だということです。

* インスピレーション(ひらめき、着想)

* イノベーション(飛躍)」という事

・イマジネーション(想像)が直接的に現実社会のイノベーション(飛躍)に繋がる事はありません。その間にインスピレーションが必要になります。

あらゆるクリエイティブ(創造)な活動には、このインスピレーションが不可欠だと思っています。インスピレーション(ひらめき)にこそ価値がある。

・インスピレーションを得る方法
「何かがひらめく」のは、頭の中での出来事です。私は「物を見る、探す」という行為と似た部分があると感じています。目標に向かって行動する(観察、調べる等)事の繰り返しと努力と考えます。

人材育成法

- * 成功体験と失敗学
- * シニアの決断

今、日本人に最も不足しているのは自信だと思っております 「耐え忍ぶ事だけではダメで、創造出来る、やれるという自信を持たなければなりません」という事です。

- ・人材育成のポイントの一つは「成功の記憶を植えつける事」と「失敗の制御」失敗で学ぶ事です。
- ・シニアが第一線から早めに身を引き、後進と協同で取り組んで、技術や経験の伝承を行う事です。先輩やシニアが行って来た事を、確かめ合いながら、また修正しながら協同で仕事をする事と考えます。

教育論

教育の問題点

・現在社会で起っている淋しい現実！！

取り組みテーマ(目標)を自分で探せと言われると、どうして良いかわからない。

そこで「この仕事は自分に向いていない」と言い出す。「もっと具体的に指示してほしい」と言うのが現実です。

これでは新しいものは生まれません。

この社会的現象は今日の教育にあると考えます

発想の転換の転換

・教育論

勉強、学習とは過去を見る事に過ぎません。学生はHOW(どの様に=手段)の習得に力を注ぎます。それが強い足かせになり「勉強のプロ」「学びのプロ」を育てています、彼らは知識の量が増えていく事に満足感を覚え、そういう行動で安心している。手段であったはずの勉強が目的化してしまっています。

・何をするのが先です、「知らない事」がたくさんあっても良い。

はやぶさ初号機の成果と2号機計画

1. はやぶさ初号機の成果と2号機の計画のを紹介。
 - はやぶさ初号機の奇跡的帰還と成果
 - はやぶさ初号機概要
 - はやぶさ2計画
2. はやぶさ初号機を成功、はやぶさ2号機の開発には川口淳一郎さんの人生訓(発想の転換)がある(前述)

「はやぶさ初号機は多くの至難を乗り越えて奇跡的に帰還した」

その成果の意味する事は・・・

① 技術立国の証明

② 日本は製造国のみならず独創的な創造能力を持つ国である事の証明

・50年～100年先には太陽系大航海時代到来ありの布石

③ 人類の生命起源探査

④ 他の衛星から有用な資源獲得への布石

⑤ 未来を背負う子供たちに夢を与えた

* 21世紀の我々への課題 *

21世紀の日本は技術力がある技術立国にふさわしい国造り目指さねばならない。“成熟社会に向け存在感のある本日を目指す”その第一歩をはやぶさ成功は示してくれた、その意義は大である。

プロジェクトマネージャ川口淳一郎さんの考え

- ①はやぶさ初号機の開発、そのはやぶさの奇跡的帰還の裏にはプロジェクトマネージャ川口淳一郎さんの発想力と決して諦めない情熱を抜きに考えられない。
- ②この考えははやぶさ2にも生きている。
- ③日本は技術力がある、技術立国としてそれにふさわしい立派な国であることを世界に示す。
- ④評価尺度の設定
はやぶさの成功評価方法を単に成功か失敗にせず、ミッション項目毎の達成度で評価尺度とする。

はやぶさ 初号機概要

①2003年5月9日鹿児島県内之浦宇宙空間観測所からM-Vロケット5号機で打上

②4年後、2007年6月帰還の予定であったが度重なるトラブルに見舞われ、3年遅れの2010年6月13日60億kmの旅を終えて帰還

③回収カプセルは、はやぶさから切り離されて、パラシュートにて南オーストラリアのウーメラ砂漠に無事着陸(2010年6月14日回収)

④分析の結果、小惑星イトカワは46億年前、太陽系誕生後760万年後に形成された小惑星と判明。

今現在世界の学者のもとで分析が行われている

はやぶさ初号機

- ・テーマ

- ・ミッション

1. テーマ

「小惑星のサンプルリターン」

太陽系誕生時(約46億年前)の状態を留めるタイムカプセルと言われる小惑星「イトカワ」の地表から物質持ち帰る。

ハイリスク・ハイリターンのテーマ

2. ミッション

- 1) 小惑星のカケラをサンプル採集する
- 2) イオンエンジンによる惑星間航行
- 3) 遠い宇宙空間での自律航法誘導
- 4) イオンエンジンによる地球スイングバイ
- 5) カプセルによる大気圏再突入

小惑星 イトカワとは

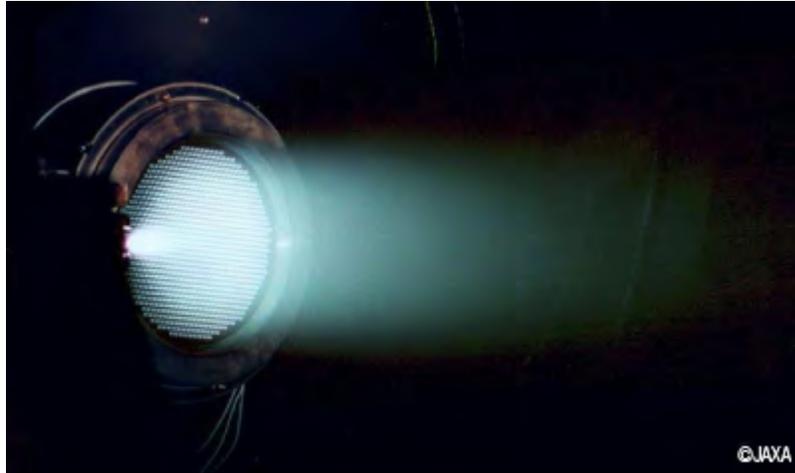
- ・地球から3億km離れ、大きさ約500m
 - 火星と木星間に約百万個ある小惑星の一つ
 - ・46億年前太陽系誕生の情報を残している謎説きのタイムカプセル
- * 持ち帰った鉱物解析結果
- 回収カプセルには目視出来る物はなかったが、電子顕微鏡で約1500個の微粒子発見
 - 鉱物種:かんらん石、輝石、斜長石、硫化鉄等の存在割合、成分比率から隕石の特徴と一致し、地球上の岩石とは異なるものと判明。

はやぶさの特 記すべき技術

1

- 1.イオンエンジン(電気推進エンジン、惑星間移動機能に使用目的に開発)
 - 約3億kmの小惑星イトカワを往復してサンプルリターンを達成するには、長寿命で小型の新たなエンジンの開発が必要であった、日本独自の技術方式。
 - イオンエンジンとは、キセノンをマイクロ波という電磁波でイオンとマイナスの電子に分離、その電離差を利用、噴射して推進力を得る日本独自で開発した電気推進エンジンである。この方式はマイクロ波でイオンを作る(電子レンジの原理)のに対し、アメリカ型はホローカソードと言う電極での放電でイオンを作るため電極が劣化し易く寿命が短くなる欠点がある点を克服した長時間に耐えられる日本独自の技術である。

イオンエンジンの原理



・電子レンジと同じマイクロ波の照射という方式で、キセノン(Xe)をイオン化し、電場で加速して噴射するマイクロ波放電式という独自の形式を採用したイオンエンジンは、累積4万時間の運転に耐える。

・惑星間移動が目的で長寿命が特長

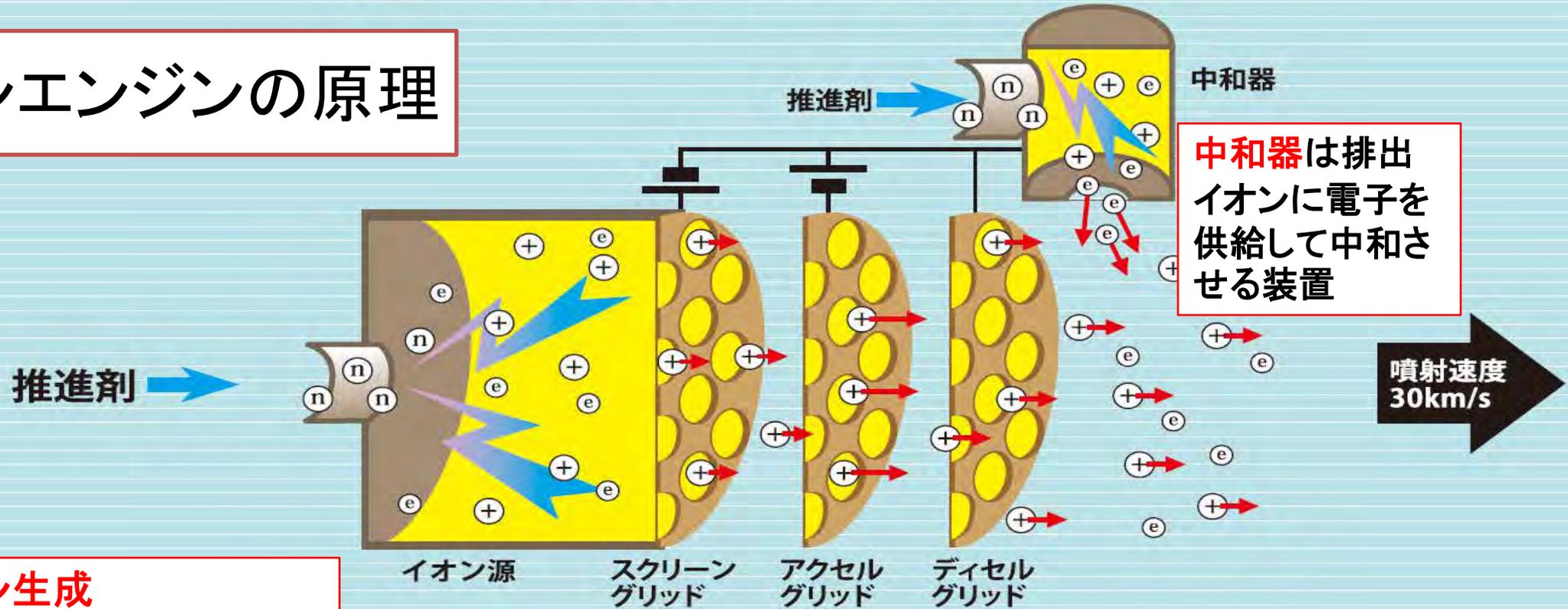
・推力約1g、約1g/hのXe消費を予定

イオンエンジン4基装備
(1基は予備)



①イオン生成 ②静電加速 ③中和

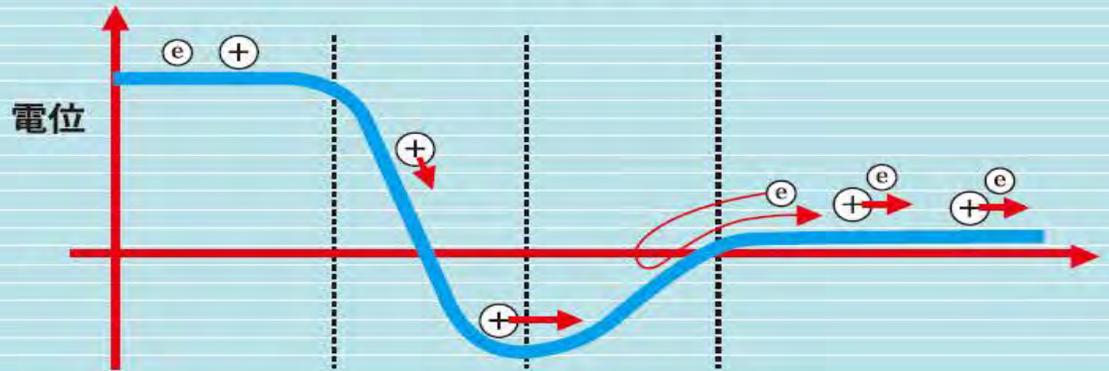
イオンエンジンの原理



中和器は排出イオンに電子を供給して中和させる装置

噴射速度 30km/s

イオン生成
 キセノンガスをマイクロ波(電磁波)でイオン(+)とマイナス電子に分離、グリッドで加速してイオンを噴射、推進力を得る。プラズマ生成は電子レンジと同じ機能



はやぶさの特 記すべき技術

2

2. 自律誘導航法

- イトカワは地球から約3億km離れている、地球から約20分で電波は到達する距離で、往復には、その倍の40分以上かかる。結果次第では、はやぶさは小惑星イトカワにぶつかってしまう事になり 自律誘導制御にて着地する機能が不可欠な技術であった。
- カメラ(3台)、レーザ光(4本)で距離、地形をとらえ、コンピュータプログラム制御により、自分の位置を自律判断し、目標に近づく姿勢制御を行う最先端のテクノロジー(ロボット)である。

はやぶさの特 記すべき技術

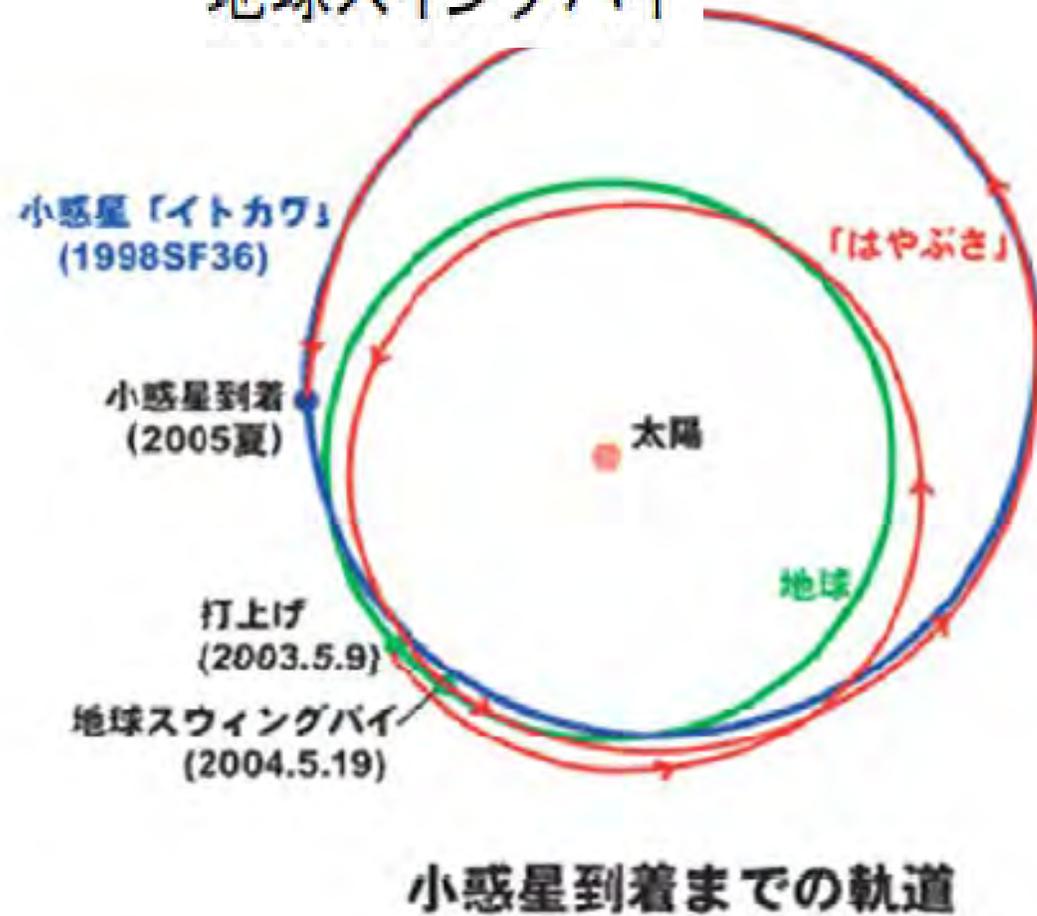
3

3.地球スイングバイ

- 地球圏(約92万km)までは地球の重力を利用し、そこを超えたなら太陽の重力を利用する。地球への戻りはその逆の方法になる。
- 惑星が探査機はやぶさを掴んで放り投げるような操作で、加速度を得て軌道の修正を行う運航である。電気推進イオンエンジンによるケースは今回が初めての技術であった。

はやぶさの特記すべき技術

地球スイングバイ



はやぶさの特 記すべき技術

4

4. 小惑星イトカワのサンプル採集

(1) ターゲットマーカ

- イトカワには自律誘導航法にて着地となる、その時の目標とするものである。
- イトカワは重力が小さく着地に工夫が必要であった。お手玉の原理を応用し着地時の衝撃を吸収する構造と、形はドーナツ状で外側はアルミ製のお椀状のものにビーズ状のポリイミド樹脂(-270°C~400°Cに耐える)150個、重量280g、反発係数0.1以下のものをターゲットに用に開発した。
- このマーカには世界49ヶ国、88万人の内外著名人の名を半導体基板に焼付けたエッチング技術でアルミを蒸着した8×12mmのポリイミド樹脂フィルム50枚の表面に記されていた。

はやぶさの特 記すべき技術

4

4. 小惑星イトカワのサンプル採集

(2) サンプラホーン

先端部の内径20cm、全長1mの円筒形、蛇腹構造のもので、イトカワに接触時ラッパ状の開口部よりタルタル製(5g)の弾を火薬爆発で落とし(2個予定)、その時のカケラを吸引収納する。イトカワのカケラは、この筒の内部にある回転式採取容器(サンプルコンテナ)に採取される機構となっている。



はやぶさの特 記すべき技術

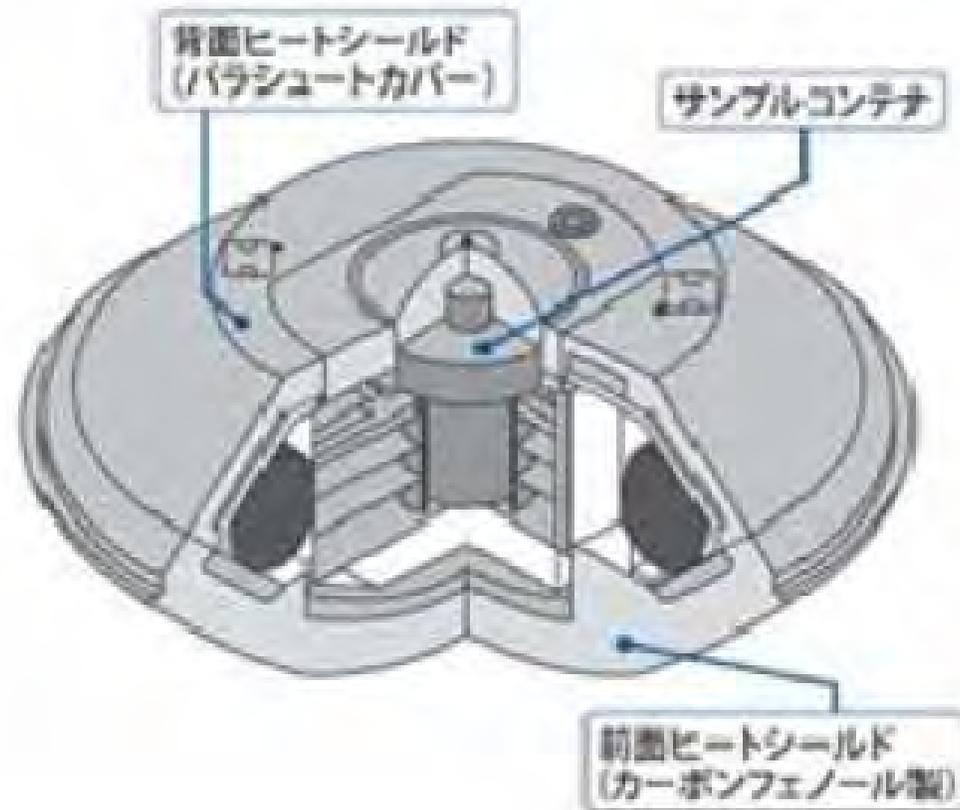
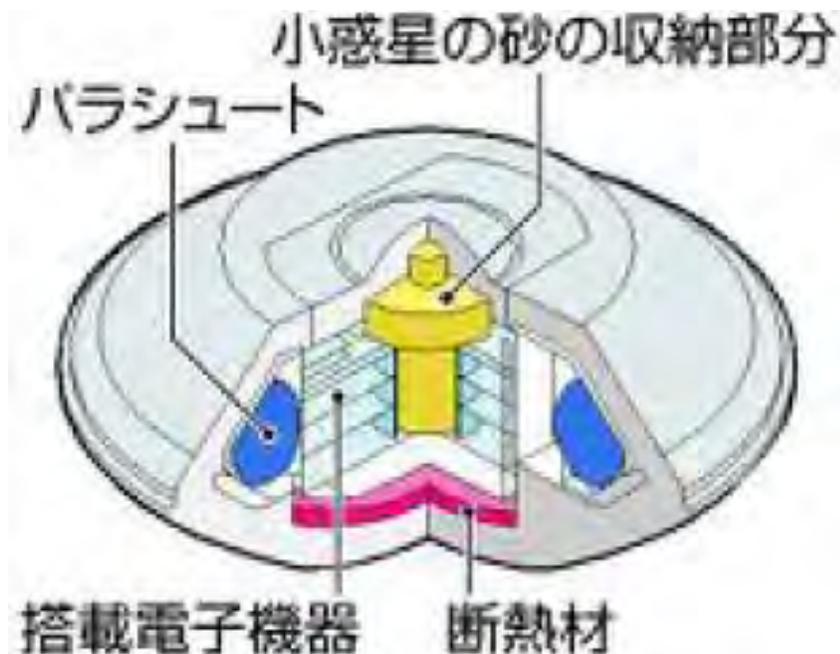
4

(3) 帰還(回収)カプセル

- ・カプセルは直径40cm、重量16.3kgの蓋式中華鍋式形状をした耐熱容器で、ヒートシールド、パラシュート、制御機器からなるもの。地球帰還時には最大約43.000km/時(約12km/秒)の速度で大気に進入する。断熱圧縮による空力加熱を受けて前面は最大で1万°C程になる。ヒートシールドは主にCFRP(炭素繊維強化プラスチック)で作られた耐熱性のカバーであり、前面、背面の円盤状の部品からなる。この中にイトカワのカケラが保持される回転式採集容器である。
- ・このカプセルの耐熱試験にはアメリカNASAエイムズ研究センターの支援を獲得していた。

帰還(回収)カプセル

JAXA



はやぶさの特 記すべき技術

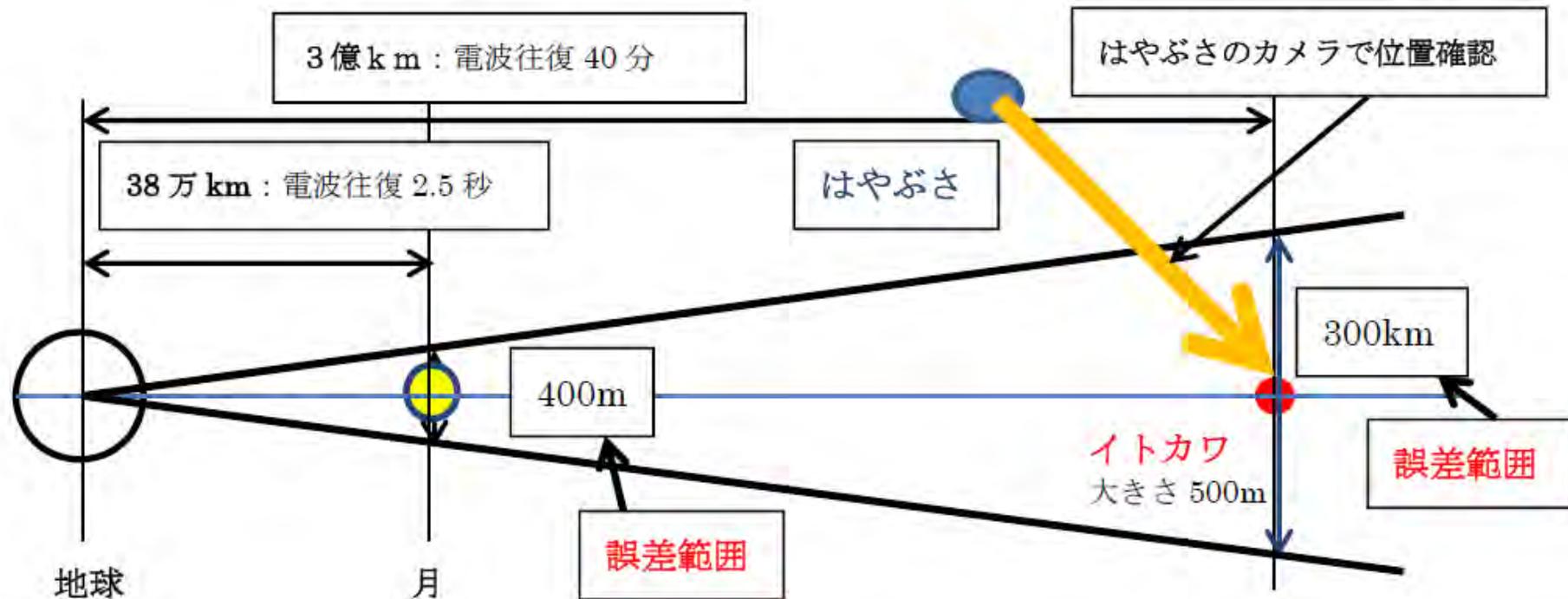
5

5. はやぶさは“自己診断機能”と変更可能な各種制御プログラムを持っている。
- ・はやぶさには各種制御用プログラムを持っており、地球よりの指示で自身の温度、圧力等の情報を送れる事や、各種制御プログラムは変更可能でいろいろな動作を地球よりの指示で変える事が出来た。
- (例：行方不明後、通信が復活した後、はやぶさとの交信にて、はやぶさの状況確認、位置確認が出来た。またイオンエンジン制御プログラムの変更にて、キセノン生ガス噴射方向を決めて、帰還の状態を作るにも役立っていた等。)

3億km離れた500mのイトカワをどう捉えた？

電波での精度

はやぶさがどこを飛んでいるかは約 300km の誤差、月ならば 400m の誤差
イトカワの位置をはやぶさのカメラで測り、地球からの距離と重ねて位置を
計算した結果 300km から 1km に絞られた。



はやぶさ初号機 の重大事故(ト ラブル)

この事故を無事乗
り越え帰還しました

1. はやぶさとの通信途絶え行方不明

(2005年12月9日)

- 世界の惑星探査史上この状況で帰還した衛星は一度もないトラブルであった。
- 周波数一致させるために周波数を430に区分、1ビット毎の信号を送り続けてはやぶさを捉えた。
- イオンエンジンをスラスタ代わりとし解決

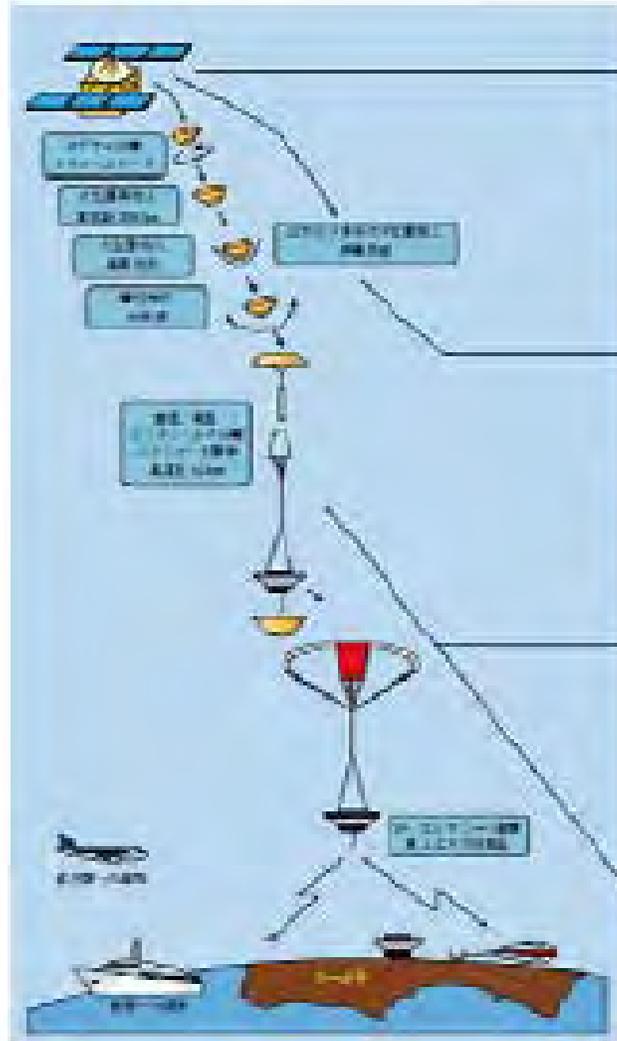
2. 帰還途中イオンエンジンすべて故障、帰還不可の危機 (2009年11月9日)

- クロス運転で危機を脱出(2009年11月19日)
イオンエンジンの寿命が来ていたが、4基のエンジンの内
生きているBのイオン源とAの中和器を接続してイオンエンジン
を形成、想定外の クロス運転の方法で、帰還。

はやぶさ初号機回収カプセルの帰還

JAXA

大気突入からランディングまで



大気突入前



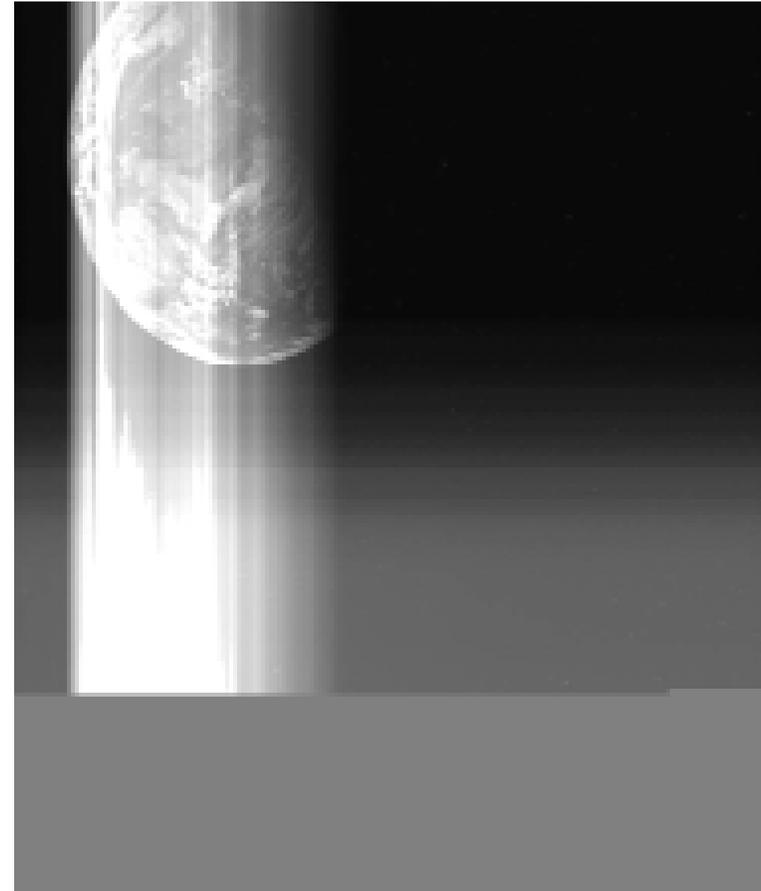
大気突入時



降下傘展開



降下傘回収後



2010年6月13日

はやぶさ地球とお別れとなる
最後の写真

さよなら はやぶさご苦労様でした

小惑星の分布帯 (総数は約数百万個)

太陽系の起源・進化

下記の順により始原的になり太陽系の初期迫る

太陽からの距離に依存順

- ・S型(ケイ素質)
 - ・C型(含水鉱物、有機質)
 - ・D型、P型(より始原的なタイプ)
- ↓

太陽系起源と進化の解明、生命の原材料物質調査

- ・イトカワ: S型
- ・1999JU3小惑星(りゅうぐう): C型
- ・次期探査: D型



イトカワ 解析結果

1) ラブルパイル天体と判明

イトカワは大小の岩石が振動で揺さぶられて最終的に2つが合体して出来たものと推定される小惑星。ミックスナッツ状、クレータは出来ない。

2) “ ^{26}Al ”という放射性物質を同位体顕微鏡で解析の結果、イトカワは46億年前に太陽系が誕生して、760万年後に形成され、そのままの状態を留めている小惑星と判明した。

注：“ ^{26}Al ”という放射性物質は太陽系誕生時多く存在し、時間とともに減少するもの。

同位体顕微鏡は日本しかない世界に一つのもの



はやぶさの 成果

- はやぶさの微粒子解析
 - 1) 帰還(回収)カプセルには目視出来る物はなかったが、電子顕微鏡で約1500個の微粒子が見つかった。
 - 2) この微粒子は、小惑星「イトカワ」由来であることが判明した。これらの鉱物種(かんらん石、輝石、斜長石、硫化鉄等)の存在割合、成分比率を調べた結果、隕石の特徴と一致し、地球上の岩石とは異なるものだった。

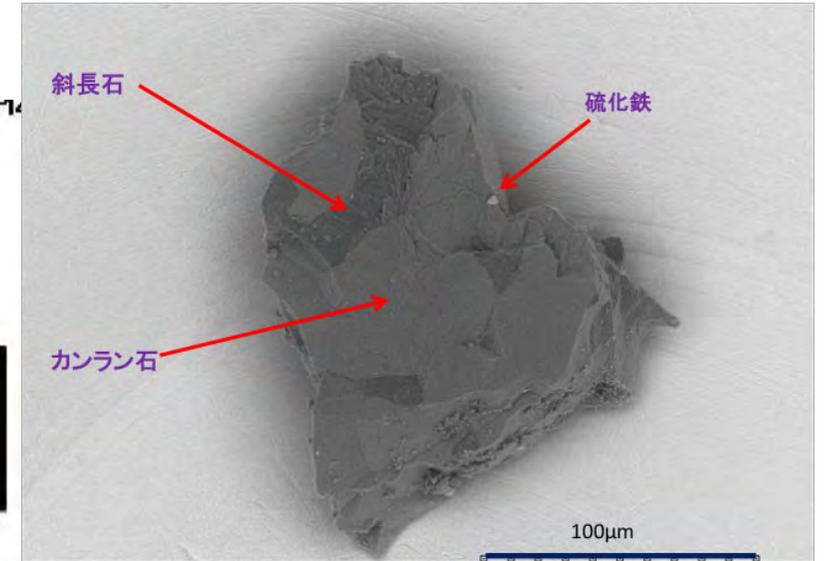
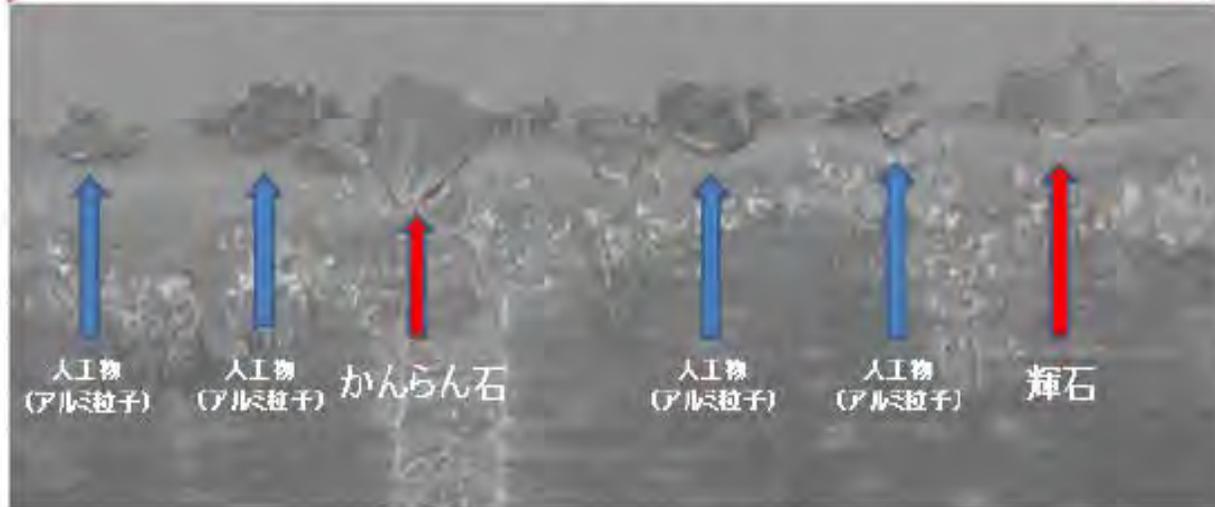
イトカワのカケラ(はやぶさの成果) ©JAXA

掻き出しヘラの電子顕微鏡写真

1. ヘラ先端部の光学顕微鏡写真



2. 赤で囲んだ部分の電子顕微鏡での拡大写真



地球ーはやぶさ初号機ーイトカワの位置 地球とイトカワの距離 約3億km

・地球:

公転周期 **365 日**、平均軌道速度 29.78km/s
自転周期 **24 時間** (平均太陽日)、
体積 $1.083207 \times 10^{12}\text{km}^3$ 、
重量 $5.9736 \times 10^{24}\text{kg}$ 、平均密度 5.49g/cm^3

・イトカワ:

公転周期 **1.52 年**、平均軌道速度 25.37km/s
自転周期 **12 時間** (平均太陽日)、
体積 0.0184km^3 、
重量 $3.51 \times 10^{10}\text{kg}$ 、平均密度 1.9g/cm^3

・地球とイトカワとの距離 約3 億km

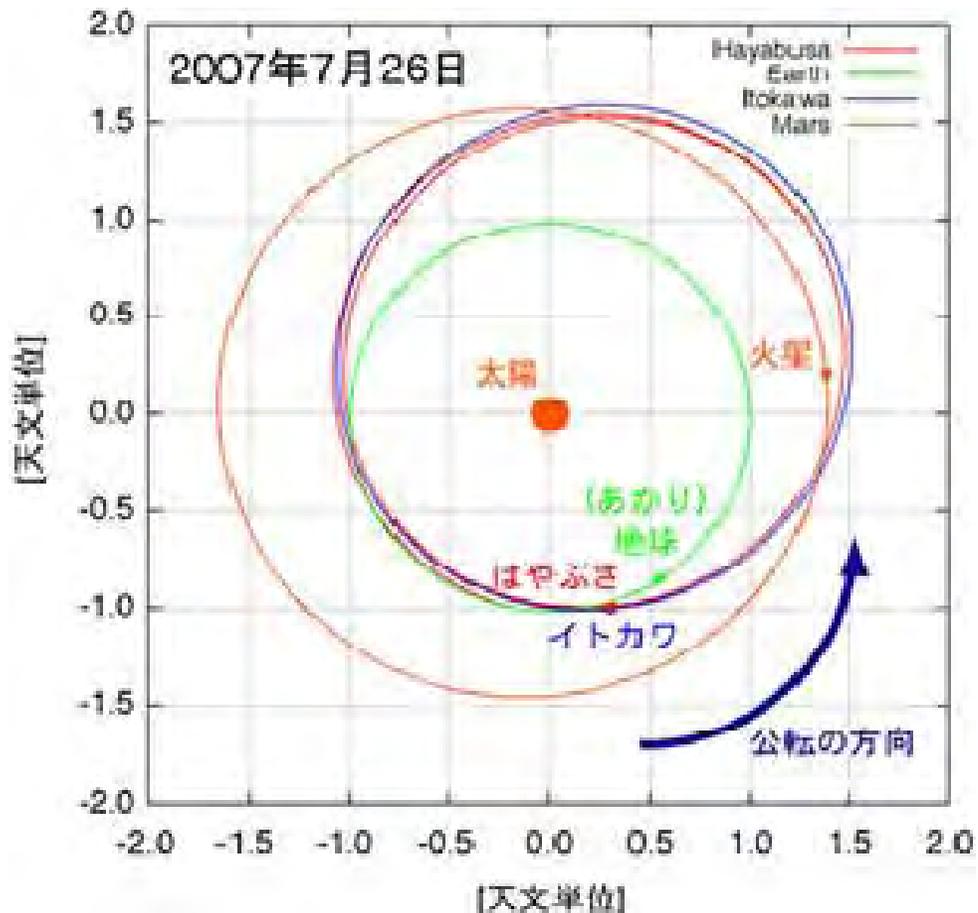
・通信時間: 約**40 分** (往復)

・引力は地球の10 万分の1

・イトカワの公転周期は地球と共振関係にあり、
1.5年。

つまり、地球が太陽を3 周する間にイトカワは
2 周する。

地球から見ると3 年に一度接近してくることになる。



はやぶさ2計画

1. 2014年12月、H-2Aロケットで打上^{注1}、2018年～2019年に目標天体の探査実施、2020年12月地球帰還予定。
2. 開発費148億円(初号機127億円)
3. はやぶさ2は小惑星リュウグウ(1999JU3)(生命の起源が予測出来るC型、直径920m)に行く、丸いおむすび状の形をしている。ミッションは約46億年前宇宙空間での有機物や水の存在を探る事で生命の起源を探りに行く。
4. インパクターで小惑星内のカケラ採集

注1:12月3日13時22分4秒打上げ成功



はやぶさ2の ミッション

太陽系起源と進化の究明

生命の原材料物質調査

太陽からの距離に依存順

- ・S型(ケイ素質):はやぶさ初号機
- ・C型(含水鉱物、有機質):はやぶさ2
- ・D型、P型(より始原的なタイプ)

「はやぶさ2」は、「はやぶさ」後継機として小惑星サンプルリターンを行うミッションです。

「はやぶさ初号機」は世界で初めて小惑星からその表面物質を持ち帰ることに成功しましたが、そのミッションには多くのトラブルがありました。

「はやぶさ2」では、「はやぶさ」の経験を生かして、よりトラブルの少ない確実なミッションを目指します。

そして、「はやぶさ」が探査した小惑星イトカワ(S型)とは別の種類の小惑星(C型)を探査することにより、惑星の起源だけでなく地球の海の水の起源や生命の原材料をも探求するミッションです。

はやぶさ初号機とはやぶさ2比較

はやぶさ

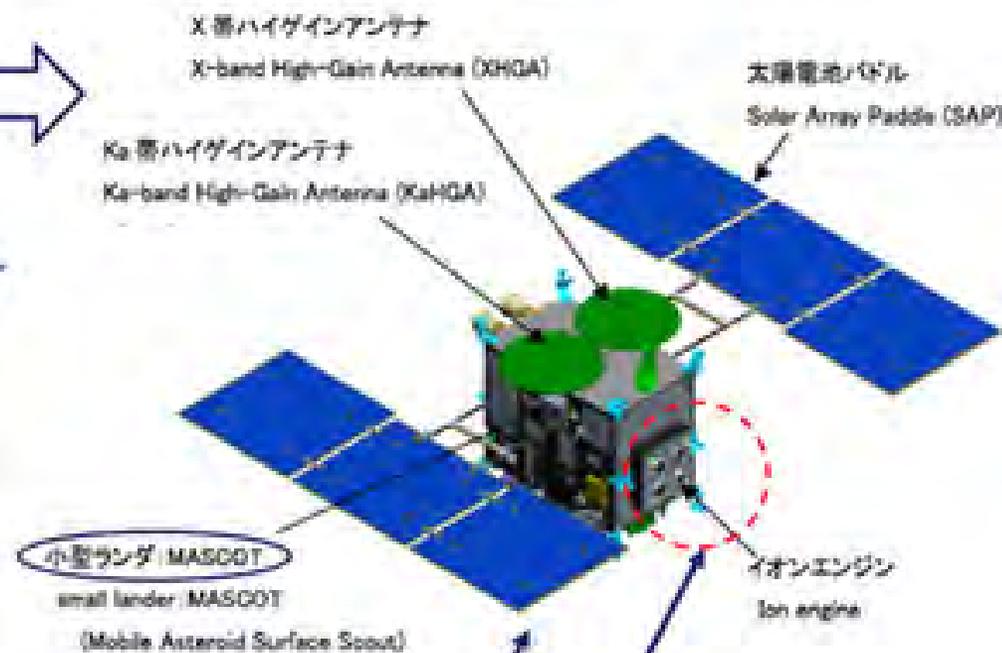
大きさ: 約1m × 1.6m × 1.1m (探査機本体)
重さ : 510kg (燃料込み)

【形状: 上面】



はやぶさ2

大きさ: 約1m × 1.6m × 1.25m (探査機本体)
重さ : 約600kg (燃料込み)



(© JAXA)

はやぶさ2の 改良点

- ・改良機体で往復で6年間、約52億^{km}の長旅
 - ・インパクトでクレーターを作り、宇宙線等宇宙風化で変質していない内部の物質を露出させて採取する。
 - ・イオンエンジン2割アップ(8mN⇒10mN)
 - ・おわん形のパラボラアンテナを平面タイプに変更すること
で軽量化、周波数帯も追加し、初代の4倍の高速通信
- (Kaバンド: 約32GHzの周波数の電磁波) 実現
- ・リアクションフォイル3基⇒4基に
 - ・はやぶさ重量 500kg⇒600kg

小惑星りゅうぐう(1999JU3)の軌道



- ・公転: 1. 3年
- ・自転: 約7時間38分
- ・密度: $0.5 \sim 4.0 / \text{cm}^3$ (TBD)
- ・質量: $1.7 \times 10^{11} \text{Kg} \sim$
 $1.4 \times 10^{12} \text{kg}$ (TBD)

注: 密度、質量は予測値探索にて明らかになる

直線距離で地球から約3億km離れたC型小惑星「1999JU3」を目指し、4年余りの旅
採集後6年後の2020年12月 約52億kmの航行距離を経てウーメラ砂漠に帰還予定

はやぶさ2 町工場の匠のワザの一例



インパクターの製作

銅板とステンレス鋼板溶接

1. ステンレス鋼板製作
厚さ1mmに削り込む加工技術
2. ステンレス鋼板と銅板溶接
電子ビーム溶接
熱収縮を計算しての溶接技術

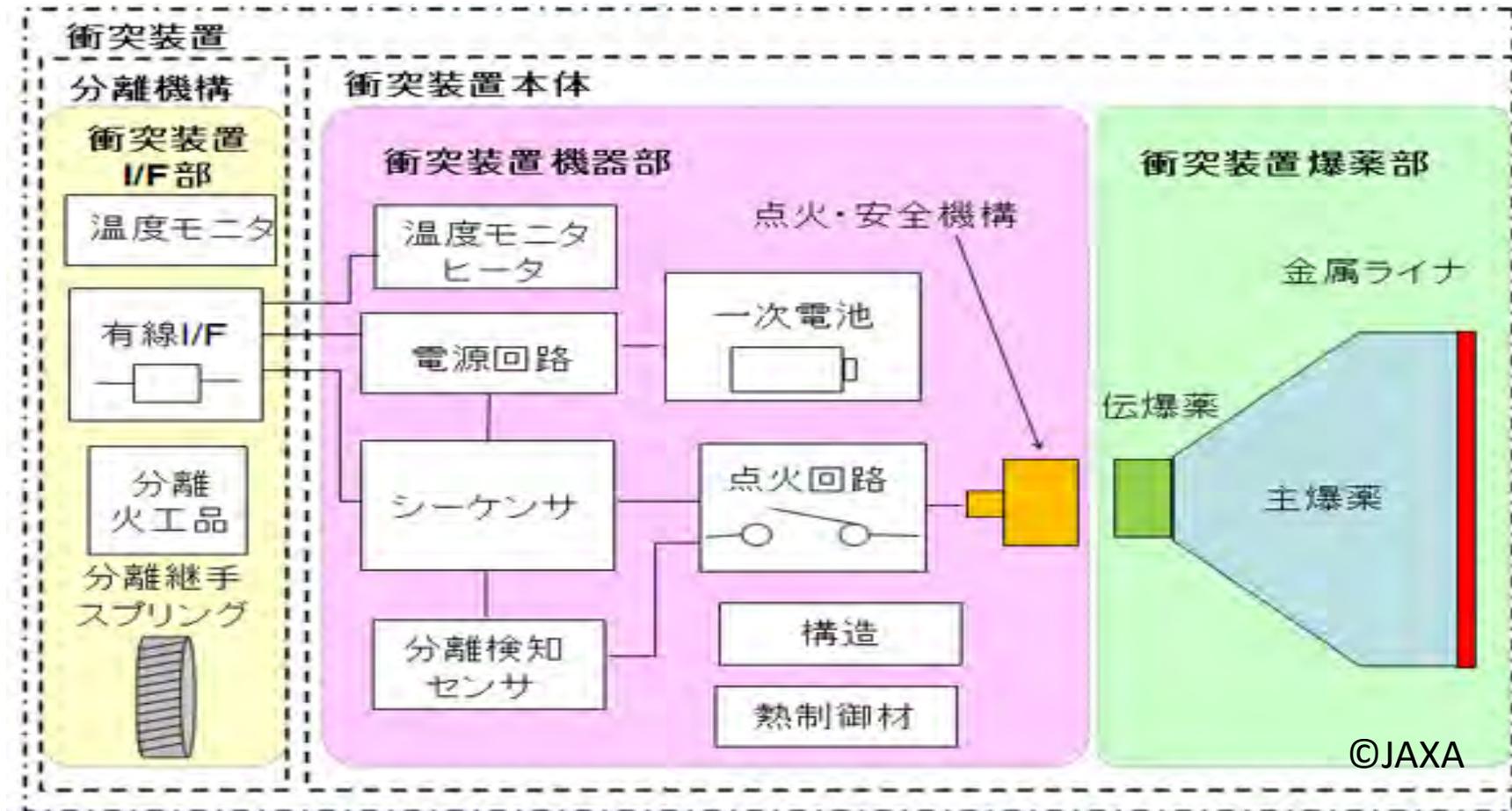
小惑星 直径 約1kmへのインパクト命中手順

- ①高度500m分離、放出速度20cm/秒程度
- ②約40分間降下、この間にはやぶさ2退避
- ③高度100~200m間でシーケンサにて衝突体発射

日本の誇り

はやぶさの成功の裏には日本の匠のワザがある事も忘れてはならない、誇るべき物づくりの技術です

はやぶさ2インパクトタ



小惑星 直径 約 1 km へのインパクトタ命中手順

- ①高度 500 m 分離、**放出速度 20cm/秒程度**
- ②約 40 分間降下、この間にはやぶさ 2 退避
- ③高度 100 ~ 200 m 間でシーケンサにて衝突体発射

「りゅうぐう」にきょう到着するはやぶさ2 には主要メーカーが名を連ねる

明星電気

分離カメラ

正面

NTN

太陽電池パネル用ヒンジの
軸受け

明星電気

近赤外分光計

古河電池

リチウムイオン
バッテリー

IHIエアロスペース

サンプルを地球に持ち帰る
再突入カプセル

住友重機械工業

砂などを採取するサンプラーホーン

三菱重工業

姿勢を安定させる
スラスタ

富士通

軌道計算システム

背面

NEC

イオンエンジン

日本工機

りゅうぐう表面にクレー
ターをつくる衝突装置

多摩川精機

中間赤外カメラ部品

日本飛行機

衝突装置を分離する機構

自社での事業展開も目指す

三菱電機

準天頂衛星「みちびき」

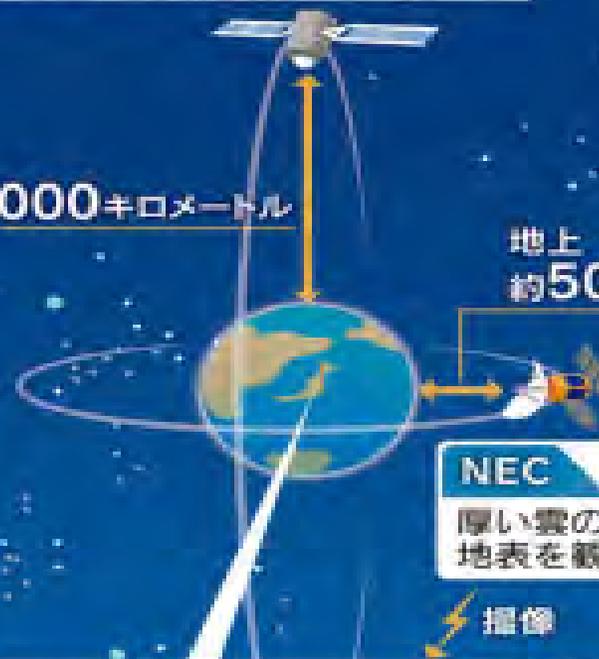
潮位情報を自動運転に活用(4基体制)

地上

約36,000キロメートル

地上

約500キロメートル



NEC

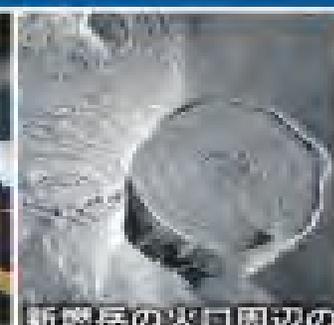
ASARAO-2

厚い雲の下や夜間でも
地表を観測できる

撮像



NEC衛星オペレーションセンター



新燃岳の火山周辺の
画像(NEC提供)

はやぶさ2

・6年間、約52億kmの旅

1. 打上
2012年12月3日
2. スイングバイ
2015年12月3日
3. 到着
2018年夏
4. 出発
2019年末
5. 帰還
2020年末

技術の結晶で挑む 52億kmの旅

小惑星1999JU3
(想像図)
直径 約900m
形状 サイモ形?
材質 岩石、有機物、水

3 到着
2018年夏
表面や内部の物質を採取し、帰還カプセルに封入する

4 出発
2019年末
平面アンテナ
初代とは異なる構造で軽量化。周波数帯を追加し高速通信を実現

2 スイングバイ
2015年末
地球の引力を利用し加速、小惑星へ方向転換

1 打ち上げ
2014年11月30日
H2Aロケット26号機

5 帰還
2020年末
カプセルが落下

化学エンジン
計12基。燃料が凍らないよう配管などを工夫

姿勢制御装置 (機体内部)
1基増やし4基に

イオンエンジン
宇宙空間での主な動力源。性能を2割向上

帰還カプセル(背面)
機体から分離して地球大気圏に突入し、地上で回収される

新たな旅へ
カプセルを分離した機体は別の探査へ(内容は未定)

産経新聞

はやぶさ2



2014年12月3日13時22分
H-2Aロケットで打上



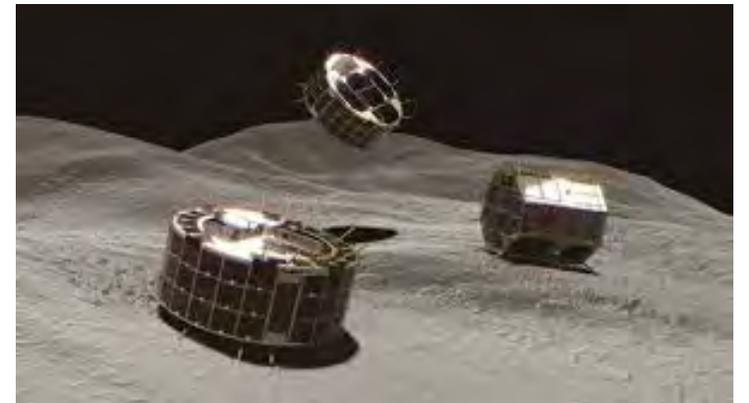
はやぶさ2とリュウグウ

スイングバイによる航法

はやぶさ2のミネルバ2地表調査のイメージ



はやぶさ2からミネルバ投下



5個のターゲットマーカー

参考文献、映画

①資料作成時参考にした文献

- ・小惑星探査機 はやぶさの大冒険 山根一真著
- ・小惑星探査機 はやぶさの物語 的川泰宣著(NHK出版)
- ・仕事学のすすめ 川口純一郎 NHKビデオテキスト(2011年6月号)
- ・小惑星探査機はやぶさ 川口純一郎著 中央公論新社刊
- ・JAXA(宇宙航空開発機構)ホームページ
- ・インターネットはやぶさに関するWikipedia
- ・はやぶさ力 川口淳一郎とチームはやぶさ39人の新証言 株式会社学研パブリッシング発行
- ・小惑星探査機「はやぶさ」の超技術 川口純一郎監修
ブルーバックス社

- ### ②映画 『はやぶさ/HAYABUSA』 - 20世紀フォックス製作・配給 『おかえり、はやぶさ』 松竹株式会社配給 東映映画「はやぶさ 遙かなる帰還」

参考文献

この参考文献を参考にし、
筆者の考えを入れて編集した