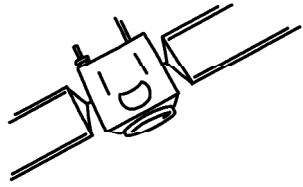


# STARS AND THE EARTH

ISAS/JAXA

listen to the breath of universe.

エロスの匂う「」／そのたおおぜい



# もくじ

もくじ 04 / はじめに 06

## ！・運用中・運用予定の衛星など 07

小惑星探査機「はやぶさ」「はやぶさ2」 08 / 惑星分光観測衛星「ひさき」 15 / 金星観測機「あかつき」 17 / IKAROS 21 / 太陽観測衛星「ひので」 26 / X線天文衛星ASTRO-H 31 / 赤外線天文衛星「あかり」・HERBIRD・SPICA 38 / 電波天文学 45 / マイクロサット 58 / 小型科学衛星DESTINY 64 / 超小型深宇宙探査機PROCYON 70



**STARS AND THE EARTH**  
ISAS/JAXA  
listen to the breath of universe.

## II・観測機器を支える技術 74

探査体からのデータ受信 75 / 大気球 77 / 観測ロケット 80

## III・技術研究開発について 84

宇宙生物調査(アストロバイオロジー) 85 / 月探査 89 / 自律型ロボット 98 / ハイブリッドロケット 101 / 熱関係のお話 104 / スペースサイエンスエンバー 117 / JEDI(数値演算によるシミュレーション) 122 / 火星飛行機とプラズマアクチュエータ 128 / 再使用ロケット 136 / 軌道上太陽光発電と無線送電技術 141 / 風洞実験施設 144 / 電池の話 150

## おわりに 165

妊婦さんは大変 165 / ロケットの色 166 / JAXAランチ 168 / 世の全ての科学者の目標 168 / んでもって 169

## 分かった気になれそうな用語解説 171

プラズマって? 171 / ペイロードって? / 人工衛星の半分くらいが燃料 172 / 望遠鏡の分解能 172 / X線とガンマ線 173 / 脱出速度とロケットの関係 173 / 宇宙と地球の「境界線」ってどこ? 174 / 弾道軌道往還について 175 / ロケット推進 175 / 励起と放射 177 / 大気圏再突入と断熱圧縮(空力加熱) 178

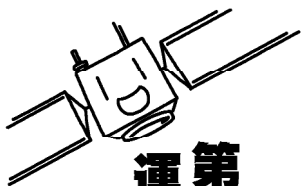
## 本書を情報源としてはなりません。

本書は I S A S / J A X A (宇宙航空研究開発機構) 相模原キャンパスで開催された特別公開のうち、2010年7月30日、2013年7月26日及び2014年7月25日における適当な見聞メモをまとめて再構築したものです。

関係者・有識者による監修はもちろん最低限の参考文献などの引用も無く、見聞のメモと筆者の記憶のみを裏付けとした、ある種の妄想旅行記にも似た、筆者の宇宙開発や科学技術への覗き見趣味の開陳、適当な駄文とイラストの書き散らしであります。

故に、本書にはその情報に信憑性及び利用価値はなく、また本書を情報源として利用することもできません。

なにとぞ御了承の程、お願い申し上げます。



# 第一章 運用中・運用予定の衛星など



STARS AND THE EARTH  
ISAS/JAXA  
listen to the breath of universe.

ISAS/JAXAの活動の内、おそらく一番目立つのが大型ロケットの打ち上げと、打ち上げられた衛星を運用して得られた観測成果や結果の公開。

H2Bロケットや、小惑星探査機「はやぶさ」の活躍などニュースでも比較的多く取り上げられるために、宇宙開発を知らない人にも、比較的知られている事が多い部分です。

もちろん、ISAS/JAXAは、「はやぶさ」やその後継機「はやぶさ2」以外にも数多くの衛星を打ち上げ、運用しています。

相模原キャンパスの特別公開では、こうしたJAXAが打ち上げたり、管制したりしている衛星の中でも特に科学技術衛星が数多く展示紹介されているのですが、この章では、そんな衛星の色々を、筆者の見聞できた範囲で紹介していくことにしましょう。

**●小惑星探査機「はやぶせ」「はやぶせ2」**

様々なトラブルを創意と工夫と努力と根性とリポビタンDで乗り越えて、最後は再突入カプセルを地上に送り返し、自らは大気圏に突入して鮮やかに散った小惑星探査機「はやぶせ」については、ここで改めて紹介するまでもなく多くの人に知れ渡っています。

そのため、ここでは「はやぶせ」と、その観測によって得られた数多くの成果。特盛り食べ放題のわんこそばの如く、汲めども尽きぬ勢いで次々と襲い来たトラブル。そして、その後継機「はやぶせ2」の旅に関しては敢えて紹介せず、重箱の隅を原子間力顕微鏡の針の先で探るような瑣末な色々を重点的に、でも適当に短く紹介して行くことにします。

特別公開での見聞やら、資料を漁って調べた範囲で結構びっくりしたのが「はやぶせ」計画での小惑星サンプルリターン。実はこの計画は主に衛星が想定された機能・性能を実現できるかの工学試験のために組み込まれたものであつて、言つてしまえば『「はやぶせ」に詰め込んだ技術の色々が、実際に使われるものになるかどうか』を試すためだったという事。

小惑星のサンプルを回収して帰還することそのものは、とても重要だし、価値のあるものだけど、「はやぶせ」の元々の目的からしてみるとオマケに近かつた感じ。

「はやぶせ」が様々なトラブルを乗り越えていくうちに、ニュースなど、報道での扱いやすさや、「行つて、拾つて、持つて帰つてくる」という目標が多くの人にわかりやすい事もあり、ほとんどの人たちが「サンプルリターン」が、主目的であるかのように考えてしまうようになってしまった



写真1・「はやぶさ」実物大模型（全景）

り。こうした事は、「はやぶさ」自体の（性格化にも似た）予想外の持ち上げられ方も含めて、関係者の方には複雑な思いもあつたようで。

もちろんそれが「はやぶさ2」の素早い実現に繋がった事も事実ですが、それゆえに今回は平穩無事に済ませたい（トラブルなく、祭りにもせずに静かに運用して、普通にエクストラサクセス以上を達成させたい）と考えている方が多いとか。

（写真1）は、熱関係の色々を調べるための模型らしい。かなりでかい。あんまり見る機会のない裏側。このモデルはあとで説明する放熱・断熱素材とか、ラジエターとか地味に色々なアレがみつしり。（写真2）はサンプラーホーンとか色々な観測機器とかが詰まった裏？側。側面の黒い部分とかは、あとで説明する熱に関するおもしろ素材。



写真2・「はやぶさ」実物大模型（裏?面）

「はやぶさ」の再突入カプセルは、最終的にはオーストラリアのウーメラ砂漠地帯に帰還したのですが、ここはオーストラリアのアボリジニの人たちの聖地だったため、アボリジニの代表の方がヘリで視察に行った、なんて話もあったとか。

あと、再突入カプセル回収時のスーツが地雷用対爆スーツみたいだったり、ターゲットマーカ-の実物大模型が力の抜けたぬいぐるみ的なものに見えてしまったり。

2014年の特別公開では、カプセルの実物大・実物重模型も置いてあったりして、持ち上げることも出来るようになっていました。が、これがまた結構重かったです。

オール金属製で、大気圏再突入時の熱だの衝撃波だのから中身を保護する必要があるから仕方ない



のかなと。

実際の再突入時にはこのカプセルが一万°C近い高温に曝されることになったのだけど、内部に熱を伝えず保護したのがヒートシールド。高温に曝されて燃える（溶ける）ことで、数千度という比較的低温のガスを発生させ、カプセルを包む一万°Cの大気を押し返すという方法。要するに燃えた煙で空気を押し返すという仕組み。なんでヒートシールドが燃えて出た煙程度で再突入時の高温の大気が押し返せるのかというと、上空の薄い大気のおかげ。大気圏再突入の際にカプセルが曝される温度が一番高くなるところでも、地上に比べてまだまだ空気は薄く、たとえ再突入時に超高温になるほど圧縮されている状態でも、なにか燃えるときに発生する煙（ガス）程度で押し返せるくらいの圧力しか無いため。

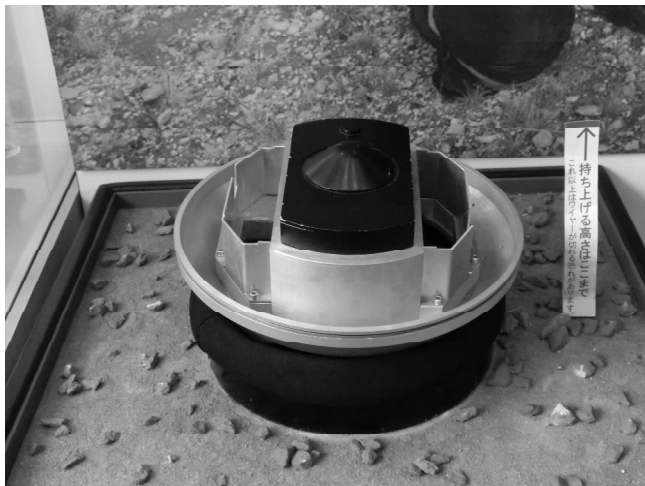


写真3・再突入カプセル実物重模型、重い

ていました。が、様々な紆余曲折の結果、想定されていたよりもはるかに長い期間宇宙空間に野ざらしの状態におかれ、さらには「はやぶさ」のメインバッテリーなど数多くの電気系統の故障とその対策を経て地球に帰還することになりました。おかげで、カプセルを突入させる段になって、この電池がまともにも機能してくれるのか、またどれくらいの間電波を出し続けられるのかサッパリ分か

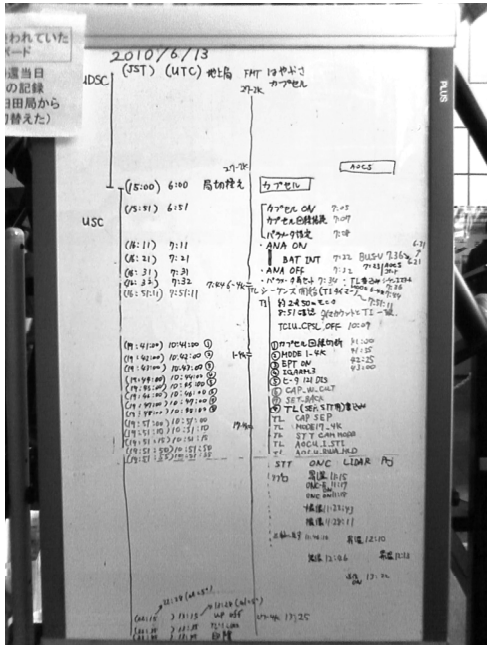


写真4・ミッションボード

この大気圏再突入のためのヒー トシールドの技術、現状ではここで紹介した「はやぶさ」の再突入カプセルのように、燃えてそのガスを熱を押し返す方法が主流ですが、新しい面白い方法が次々と開発研究されていて、中には非常に興味深いものもあったり。こうした新しい面白い技術は後で紹介していきます（144ページ参照）。

またこの再突入カプセルは、帰還（着陸）後の回収のために、一定時間電波を出すように設計され

らなくて大変だったようです。このあたりのバッテリー関係の話は後ほどまた出てきます（150ページ参照）。

その周辺にははやぶさに関係するコマコマとした展示と、管制室で使われていたミッションボード？みたいなのが。これに細かく色々書いてあつて興味深かったり（写真4）。

2010年の特別公開では、ミネルバの実物大模型もありました。試験用の同型かも。大きさはトイレットペーパーほどで、小さい物でした小さい。

「はやぶさ」ではタツチダウン時のアクシデントで着陸を果たせず宇宙の彼方に飛び去ってしまったけど、「はやぶさ2」ではその反省なのか、同じローバー三機、さらにドイツとフランスが共同開発したローバーを一機積んでいるとか。ショットガンみたいに沢山放出して、ひとつくらい命中したらいいなという感じなんじゃろか？

さて、2014年4月の時点では、イオンエンジンの連続運転試験に成功するなど、順調に飛行している「はやぶさ2」。「はやぶさ」に対して様々な部分が改良改善、もしくは機能強化されているのだけど、一番の目玉はやはり宇宙空間で小惑星に向かって大砲をぶつ放すカッコイイ素敵機能なんじゃないかと（インパクター。衝突装置、SCIとも呼ばれる）。これは小惑星表面にある

様々なレゴリス（惑星科学の分野では、地球以外の天体の表面にある堆積層の事）をふっ飛ばして小惑星本体の表面を露わにしようという作戦。

サンプルホーンと言われる特徴的な象の鼻みたいなサンプル回収装置に付いている、プロジェクトイルと呼ばれる弾丸発射装置も改良されていて、弾体が球状のものから弾丸型に近いものに變更され、さらに三発まで発射できるようになっていたり（弾体形状の變更は、「改良」ではなく、単にサンプル回収を指す小惑星の組成に合わせた「變更」かも？）。

上手くいくかどうかはこれからの運用状況によるのだけど、なんとも面白そうな。

そうした目玉以外の部分も、もちろん色々改善されていて、特に目につくのはアンテナ形状。馴染みのある、いわゆる「パラボラ」型ではなく、平坦な円盤型のものが2つくつついている。これは、金星探査機「あかつき」に用いられた物と同じラディアルスロットアンテナ。地球探測衛星「だいち2」搭載されているフェイズドアレイアンテナとは別タイプの平面アンテナです。こちらは円盤状じゃなくて長方形に近くて太陽電池パネルみたいに巨大。

「はやぶさ2」に搭載されているアンテナ（円盤）一つで「はやぶさ」に搭載されたパラボラアンテナ以上の性能があるのだとか。

ただ、なんでか高性能になったアンテナのうちKaバンドと呼ばれる周波数帯域を用いるものは、日本国内には対応できる基地局がない上に、高温多湿の日本では対応した基地局が出来ても、Kaバンドの利点である高密度通信の性能を十分発揮できないんじゃないかと言われていたり。なんだかな。



写真5・ひさき（模型）全景

## ●惑星分光観測衛星「ひさき」

「ひさき」は、地球や他の惑星、衛星が持つ大気の状態とかを詳しく観測することを目的としていたり（衛星で分厚い大気を持つているのはタイタンだけだけど）。いろいろな観測機器を積んでいるけど、その中でも特に極端紫外線光というX線に分類されるかギリギリの波長の短い紫外線を

観測することに特化している。

何で極端紫外線なんて極端な名前の光を観測するのかというと、この光が発生する条件が限られているため。極端紫外線は高いエネルギーを持つ（例えばプラズマみたいな状態になった）物質からしか出てこない。そこで極端紫外線を観測すると、色々な惑星から「漏れだして」、太陽風とか他の色々な原因で、高いエネルギーを持つようになった他の惑星の大気を詳しく観測できるからだそう

適当に描きなさい  
うる覚えで何か



図1・ねっしー

で。

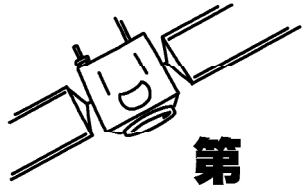
さまざまな惑星から漏れだす大気を詳しく観測すること  
で、どうして火星から大気が出て行ってしまったのかとか、  
木星の周囲のプラズマの状態がどうなってるのか調べてい  
くんとか。

ちなみに、もつと高いエネルギー（高い温度）をもつ物  
質からは後で触れるX線やらガンマ線が出てきて、それを  
観測するためのX線天文衛星があります（X線とガンマ線  
の違いについては172ページ参照）。

んでもって、小惑星みたいな低い温度の天体からは赤外  
線が出てくるのですが、このあたりは赤外線天文衛星の部  
分で詳しく（39ページ参照）。

極端紫外線はレンズで屈折させることが難しいので、反  
射望遠鏡にする必要があったりとか、この後出てくるX線  
観測衛星とかでの工夫も絡んで、結構興味深かった次第。

後で調べたら、これに「T-Engine(T-Kernel)」が使われてた  
のを知って驚いたり（イプシロンロケットと、「ひやき」に



## 第二章

# 観測機器を支える技術

観測に必要なのは観測機器、ではその観測機器に必要なのは何だろうか？とか考えてみる。

思いつくのは、観測に適した場所まで機器を送り届ける気球やロケット、そして観測機器から得られたデータを回収したり受信するための設備やそれに関係する技術。

ISAS/JAXA相模原キャンパスでは、特に目立つH2Bなどの大型ロケットの研究は行われていないけど、観測機器を支える面白そうな研究が色々進んでいたり。

そうした地味な技術を、短くちよつとだけ見聞きした範囲で説明できたらいい感じ。



## ●探査体からのデータ受信

宇宙を行く探査体の観測装置が得た様々なデータは、非常に貴重で重要なものだけど、地球にいる研究者たちの手元に届かないと、これっぽっちも意味が無い。NASAの木星探査機ガリレオが、大型の高利得アンテナの展開に失敗し、こちらからの指令は届くし、全ての観測機器が正常に動作しているのに、観測データを送信できないために、危うくミッションが中断しかけたし、「はやぶさ」が燃料タンクからの燃料漏れで、宇宙で迷子になりかかった時、1ビット通信モードがあったおかげで、管制側が機体の状況を把握し、機体の制御を回復させることができた事を覚えている人もいるはず。

で、電波や光ですら到達に数分、場合によっては十時間以上必要とする信じられないほど遠方にある探査体からの信号は、やっぱりとてつもなく小さい。

地球側からは、巨大なお皿を並列に並べて、大出力でガンガンと信号を飛ばせばいいわけだが（それでも探査体を受信するのは大変なのだけ）、逆に探査体からの信号の受信は、宇宙を飛び交う様々な電波の中（特に人間が発生させる様々な電波信号）の海の中から、ティースプーン一杯分の信号を探しだして掬うようなもの。その苦労は考えただけで逃げ出したくなってくる。

（写真23）は「はやぶさ」など深宇宙探査体から受信した様々な電波信号を増幅するときとかに使われたアンプ。ものすごい増幅率高くても、あれほど遠くの、しかも生きてるんだか死んでるんだかよくわからない探査体からの信号をキッチリ捉えるって難しかったんだろうなあ。ノイズの間





写真23・ベルチエ素子でガンガン冷やす

題とかあるし。

で、画像のアンプはあんまりに増幅率が高いんで、出る熱も半端ではない。イメージとしてはサーバルームに置いてある大型サーバルラックから噴き出す熱が更にブーストしたような感じ。なもんで、ベルチエ素子でガンガン冷やさなきゃならない。

で、実際に使われているベルチエ素子があつたんだけど、写真に撮り忘れた……冷却側の表面に、水を流したわけでもないのに空気が

中の水蒸気が凍りついたらしいーセンチくらいの分厚い氷の層ができていて驚いた。  
確かに冷えるわ……

写真は、8ポート同軸管。調べてみると基本的には高周波帯の（電波とかそういうったものの）計測に用いられるもの。

上下（見た目、オスメスの対応する者に見える）二つあるけど、それぞれ8つの同軸ケーブル接続口があるので、8ポートとはそういう意味ではないかと。

さて、2014年の特別公開では、「はやぶさ」から受信された電波を人間の聞こえる音に変換したものを聞くことが出来た。

音の渦の中で、何か、か細い音が聞こえてくる。FMラジオの雑音の中で聞く静かな深夜放送のようなイメージ。

彼方で囁くような声を、耳を澄ませて聞いていたんだらうなあと思った次第。

### ●大気球

本書の中でも、電波望遠鏡や、マイクロサット搭載機剤の性能試験、IKAROSのソーラーセイル展開試験、今年じゃないけどエアロシ

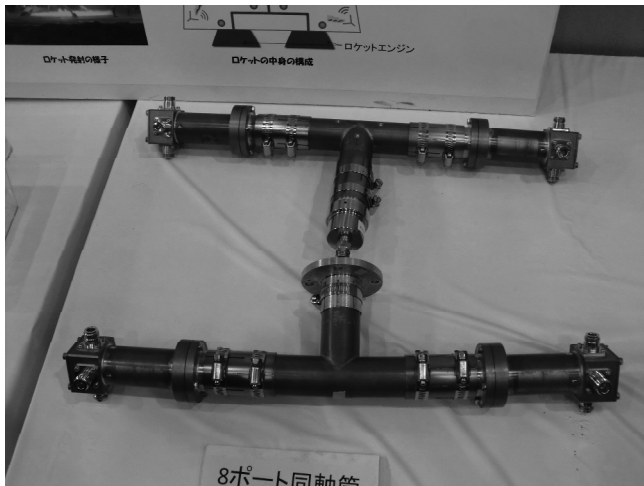


写真24・8ポート同軸管

エルの実験などなど、様々な観測や実験で用いられている大気球。ずっと「たいき・きゆう」と読んでいたら、普通に「だい・ききゆう」だった。

さてこの「大・気球」、通常の大気球とは見た目も到達高度も大きく違う「高高度気球」に分類されている。大気球実験室というところが、これを使った観測をやつてるんだけど、大きなものを外に持ちだして観測しているもので、なんか実験室っぽくない。しかも気球自体比較的ありふれたもので、さらにここで紹介する大気球も、ロケットに比べるとかなり頻繁に発射？されてお、知識が無い限り、有り難みも感じにくい。

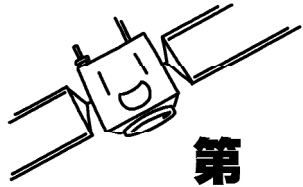
なんとも不思議な実験室である。

で、日本の大気球は、なんと到達高度の世界最高記録を持っているのだとか。

ただし、ペイロードが重けりやそれだけ到達高度も低くなつてしまう訳で、最高記録した時の機材はせいぜい数キログラムだったとのこと。この辺りはまあ仕方ないし、観測機器の進歩や小型化で数キログラムの機材でも多くのことを知ることが出来るようになってきたのだから、それはそれでいいのかなと。

さて、それぞれの紹介の部分で説明してきた通り、大気球は大気が非常に薄い宇宙に近い環境が得られる高度にまで機材を持ち上げられるだけでなく、ロケットなどで打ち上げるよりも安価に、打ち上げまでのサイクルを短くできる。

ロケットと違って打ち上げ時の振動も少なく、搭載する機材が満たさなければならない要件は、



## 第三章

# 技術研究開発について

新しい観測装置やロケット、それらに関連したりしなかったりする様々な技術の研究開発について見聞きしたことをドバドバと。

ここ数回の特別公開では、磁気やプラズマを使った方法が何回も出てきて、何かの流りなんじゃ無いかと思うほど。

そういえば、マイクロサットに搭載されている磁気トルカも磁気関連技術だったなあ。色々なおもしろ技術が目白押し of ISAS/JAXA の研究開発。

若干ノリ過ぎな部分がありますが、そこも含めて楽しんで頂けたらいい感じ。



## ●宇宙生物調査（アストロバイオロジー）

「宇宙に居るのは我々だけかい？」（なんかのSF）

「むしろ何処から来たんだっけ？、むしろって何だっけ？、むしろ何処に行くんだっけ？」

（ゴーギャンの絵画のタイトル）にもある言葉がこうした調査の原動力。

今まで、JAXAで地球外生命体とか調べてる部門があるとはまったく予想だにしていなかったため、見つけた時はかなりビックリしたり。

ただ、アストロバイオロジーって言葉から分かる通り、地球の生命が地球外で行き来できるか（人間の手以外で地球外に出て行った生物がいるのかどうか）というのも一緒に調べている、というか区別しないで研究している感じで。

例えば、宇宙生命でなくても地球でよく見られる細菌が、宇宙空間の環境に長期間耐える可能性があることは結構前から指摘されていて、火星探査機にもし地球由来の細菌が付いていたら、それが火星上で繁殖して、生物調査に影響をおよぼすのではないかと言われている。実際、暴露実験のために軌道上に送られた植物の種子が、地球に戻ってきてても問題なく生育してたり（2014年の特別公開でも、そうした実験で送られた大豆の子孫に当たるものが、きなこに加工されて「宇宙きなこの揚げパン」的な名前で売られていたり）。もちろん、実験で軌道に送られたこうした種子は、そのまんま大気圏を突破してきたわけではなくて、宇宙飛行士が回収したり、回収カプセルの中に収まって地上に戻ってきたのだけだ。

じゃあ、人間が何かしなくても（人間以外の）生物は宇宙に出ていくものか？、という疑問に答えをだすべく、大気球や航空機を使って大気の中に散らばらる塵とかを調べてその中に生物が居るかどうか色々調査してたり。

今回の展示では、高度12〜35キロメートル程度の上層大気圏に納豆菌の仲間が、高度0.8キロメートル〜1.2キロメートルにデイノコッカス属と呼ばれる細菌の仲間が見つかっているらしい。恐るべし納豆。

もちろん宇宙に生物を見つけるための研究も積極的に進めているのだけど、そこはそれ。様々な研究項目の中ではかなり後回しにされてしまっている。現状ではまずは地質調査が優先されていて、地球外生物調査は、みんなの注目度が高いにもかかわらず基本的に「おまけ」とされているのだから。

で、そこでヘコタレないのが研究者。様々な調査観測の中に自分がやりたいものと重複する部分があるかを探しだして、その調査を主導しているところに出向き、「そっちの調査に負担掛けないで（予算的にも時間的にも重量的にも）一緒にできるから」と説明して、自分のやりたいものを仕込むかが勝負になっている模様。

面白いのが、こうした理由と必要性から、宇宙生物調査では数多くの惑星探査機や地球軌道上にある人工衛星、地上や宇宙にある各種望遠鏡その他の様々なジャンルや方法の研究を、横断的、俯瞰的に取り込んでいる点。

を示すのか分からないので、それを研究してたり(写真25)。  
 それぞれの研究を何も考えないで見ていると、「それ直接生命調査と関係あるの?」と言いたくなるような、広いジャンルでの研究を行っているのだとか。  
 他にも宇宙の起源から、生物が生きていける惑星系の形成、惑星や宇宙空間での有機物の合成、



写真25・アストロバイオロジーパネル

例えば、宇宙生物調査が主題であるのに、高真空と極端な高温と低温、そして磁場や宇宙線の問題がある宇宙空間という場所で、機械の潤滑や密閉をどう保つかの方法や、それに関わる材料を研究をしていたり。また一方では、火星の土壌の中に微生物が含まれているかを調べるのに、DNAを蛍光発光させる物質を混ぜたいのだけど、その物質が溶けた水を観測機器の中で土に掛けた時、火星の低重力下でその水がどのような挙動

地球上の生物の研究やその進化などなど、本当に幅広くやっている。良い意味で闇鍋みたいな研究をしていると言えそう

こうした間接的な研究調査以外にも、たんぽぽ計画と呼ばれる直接的な調査計画があつたり。

これは、ISS（国際宇宙ステーション）に地球由来の生物（種子だの細菌だの）を持って行って、地球軌道上の宇宙空間に晒してみても（暴露して）、どのような影響があるのかを調べたり、宇宙間に漂う塵やら何やらをエアロゲルで回収して、その中に地球外生命体、もしくはそれに由来する痕跡を探すもの。

宇宙を漂う塵で何か分かるのかというと、例えば土星の衛星エンケラドスは、その表面の分厚い氷の下に、液体の水の湖があることがほぼ確実で、時々それが吹き出したりしているのが観測されている。で、もしエンケラドスに細菌みたいな地球外生命が居たとすると、水が宇宙に吹き出した時にそれと一緒に凍りついて宇宙空間を漂っている可能性がある。

直接、木星だの土星だのの衛星に行つて観測調査するのが確実だけど、予算も時間も大変なことになる。でも、向こうが勝手に吹き出した水の中に細菌のような地球外生命体が含まれていれば、長い年月をかけて地球軌道上に辿り着いたそれが、ISSで回収された塵や氷の粒に見つけられるかもしれない。一回や二回で確実なデータが得られるかは微妙だけど、こうした実験を何回も繰り返すことで、地球から出てきた生物が見つかったら、宇宙からやってきた生物が見つかったら、人



間の手を借りずに宇宙に旅だつた生物がいるのだけは確認できる。

どちらが見つかつても「宇宙はやつぱり生き物でみつしり詰まっている」と言えるようになるのだとか。

抜ける手はどんどん抜いて、でもキツチリ結果を出すために研究者は日夜色々工夫しているのであつた。興味は尽きない感じで。

## ●月探査

1970年代のアポロ宇宙船による有人調査以来、あまり注目のされることのなかつた月探査。

ここ十年ほどで、火星有人探査への中継基地としての重要性が分かつてきたからか、数多くの探査体が月を周回して調査する事が多くなつてきてる。

JAXAの方では月面探査に関する計画はいくつかあるものの、2007年に打ち上げられた月探査体「かぐや」以後、2015年4月の時点では具体的な動きは無い感じで。かといって研究開発が進んでいないというわけでもなく、「かぐや」から得られた膨大なデータを元に、着陸調査のための研究や、次の重点的探査目標などが色々と進められている。

特に着陸調査は、様々な調査を細かく行える反面、一旦そこに降りたらローバーでノコノコと移動する事はともかく、大きく移動するのは難しい。着陸地点をどこにするかは、調査の成果を大きく変えてしまうため、どうしても下準備に時間がかかつてしまう。

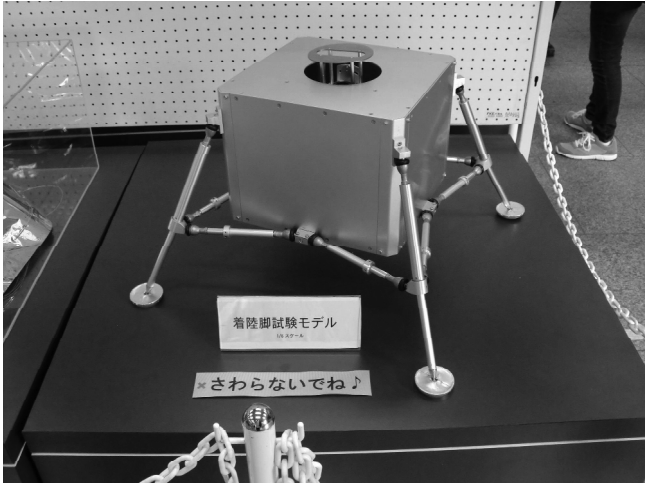


写真26・着陸脚試作モデル

では、実際に月に着陸して探査するにあたって、真っ先に考えなければならぬのは、観測機器の保護。せつかくの観測装置を壊さないように、まずはきつちり着陸する必要がある。

実際に月に着陸して調査を行う探査体やローバーを無事に着陸させるために、まず地に足を着けるところから始めなきゃならないのだ。

(写真26)は将来の月着陸探査(SELLEN E・2)のための着陸写真機試験モデル。スーパードルフィーと並べると実際のサイズが分かる六分の一サイズ。しかし、アポロ宇宙船の着陸機の脚と大体同じ構造。おそらくこれが一番良いのだろう。あるいは実績で選んだんだろうか？

ローバーのような月探査体(写真27)は、地球と月がそれほど離れてはいないために、火星探査体よりもリアルタイムに近い状況で、細か

い制御を行うことができる。

その一方で月には別の難しきがある。月面には当然、水も大気も磁場もない。そのため太陽風（ものすごく熱くて速く薄いプラズマ）も宇宙線（当たると痛い高エネルギー放射線）も、それ以外も降り注ぎまくりで観測機器に襲いかかってくる。空気も水もないということは、温度を一定にする仕組みがないといのだから、昼は太陽光のおかげで死ぬほど熱いし、夜は寒いかさういうレベルじゃなくて寒い。具体的に言うると昼は120℃以上、夜はマイナス230℃以下になる。月探査体はこんな過酷な条件の月面上で、だいたい13日間の昼と、13日間の夜に耐え続ける必要がある。

宇宙空間であれば、姿勢制御すること、機体を受ける熱をある程度均一化したりできるが、月面上では姿勢制御にも制限が出てく

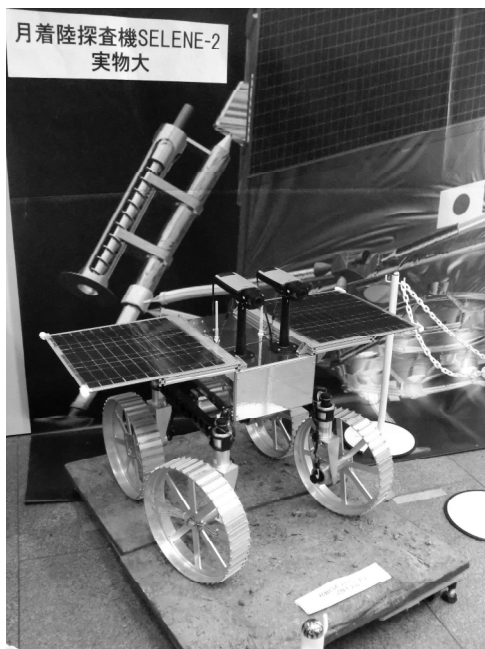


写真27・月ローバー実物大模型、地味

るし。上面は太陽光に晒され続け、下面は影になり続ける。さらに、下面から常に放熱し続けられるとは限らなくて、月表面による太陽光の反射や、月表面が吸収した太陽光の輻射（真夏にアスファルト路面が熱いというアレ）も考える必要がある。

夜は夜で、今度は太陽光が一切なくなるため、猛烈な寒さに見舞われてしまう。何とも逃げ場のない大騒ぎ。

月面というところは、宇宙空間や他の惑星とはまた違った難しさが月探査にはあるのだ。

このような条件をクリアするために、様々な研究がなされているのだけど、JAXAにはともかく実績がない。実際に月に探査体を着陸させて調査した経験がないために、手探りの部分も多い。

例えばこんな探査体が研究されている（写真



写真28・月面ゴールデンふじつぽ



写真29・月面ペネトレータ

28)。金色のカバーの裏側に探査装置がある。

これは、着陸した地点で月での一日（地球時間で27日くらい）の間、ずーっとその場所の探査を続けようという観測装置。金色のカバーのためのカバーみたいなもの。見た目には海岸の岩場でよく見るフジツボが金色になった感じ。

暑い時には熱を遮断して、適当な温かさになったら熱を逃し、寒くなったら熱を閉じ込めるという、非常に面倒くさい事をこの金色の素材の日除けでそれを実現しようというタイプ。素材の性能が肝になってくるのだけど、こうした素材や熱関係についての細かい話に関しては後のほうでもうちよつと細かく説明します（104ページ参照）。

（写真29）は、中止された月観測機（かぐやよりも前のもの）LUNAR・Aに搭載される予定だった月面ペネトレータ。平たく言うと、



写真30・歩行型に変形する案もある

もあ  
る。

どうな  
っ  
てい  
るの  
かを  
調  
べ  
る計  
画

に探  
査  
体  
を  
送  
っ  
て、  
縦  
孔  
の  
そ  
こ  
が

の  
が  
分  
か  
っ  
て  
き  
た。  
そ  
こ  
で  
実  
際

が  
分  
か  
っ  
て  
き  
た。  
そ  
こ  
で  
実  
際

に探  
査  
体  
を  
送  
っ  
て、  
縦  
孔  
の  
そ  
こ  
が

の  
が  
分  
か  
っ  
て  
き  
た。  
そ  
こ  
で  
実  
際

果  
か  
ら、  
月  
の  
表  
面  
に  
は  
数  
多  
く  
の  
縦  
孔  
が  
あ  
っ  
て、  
そ  
れ  
ら  
が  
奥  
で  
大  
き  
く  
広  
が  
っ  
て  
い  
た  
り、  
縦  
孔  
同  
士  
が  
ト  
ン  
ネ  
ル  
で  
つ  
な  
が  
っ  
て  
い  
る  
可  
能  
性  
が  
あ  
る  
の  
が  
分  
か  
っ  
て  
き  
た。  
そ  
こ  
で  
実  
際

に探  
査  
体  
を  
送  
っ  
て、  
縦  
孔  
の  
そ  
こ  
が

の  
が  
分  
か  
っ  
て  
き  
た。  
そ  
こ  
で  
実  
際

に探  
査  
体  
を  
送  
っ  
て、  
縦  
孔  
の  
そ  
こ  
が

の  
が  
分  
か  
っ  
て  
き  
た。  
そ  
こ  
で  
実  
際

月の地面に「打ち込まれる」タイプの観測装置。弾頭部分が平面になってい  
るの  
は、  
月  
面  
に  
も  
ぐ  
り  
込  
む  
と  
き  
に、  
方  
向  
が  
変  
わ  
っ  
て  
し  
ま  
う  
(途  
中  
で  
突  
き  
刺  
さ  
る  
な  
ど)  
を  
避  
け  
る  
工  
夫。  
こ  
れ  
を  
月  
の  
二  
箇  
所  
に  
ブ  
チ  
込  
ん  
で、  
地  
震  
や  
ら  
熱  
や  
ら  
を  
観  
測  
し  
て  
月  
面  
の  
中  
身  
と  
か  
ど  
う  
な  
っ  
て  
る  
ん  
だ  
ろ  
う  
ね  
と  
調  
べ  
る  
予  
定  
だ  
つ  
た  
も  
の。  
こ  
ん  
な  
モ  
ン  
を  
深  
く  
突  
き  
刺  
す  
理  
由  
と  
か  
は、  
色  
々  
あ  
る  
け  
ど、  
基  
本  
的  
に  
は  
外  
に  
ポ  
ロ  
っ  
と  
置  
い  
た  
ま  
だ  
と

さて、「かぐや」などの観測結