

VCO (プラネットC) 始動の頃

中 村 正 人

金星探査機開発へ

- 東大で教えていると元指導教官に宇宙研に呼ばれる（1999）
 - ”うちの今村君が金星に行きたがっているんだが．．．手伝ってやってくれないか？”
”私の研究は惑星プラズマの撮像ですよ。” ”そんなのはもう古い！” ”．．．” ”東大で赤外観測機の開発をしてくれ。日本では出来る奴が居ないんだ“
- まず、カメラ群の設計を東大の同僚とニコンの知り合いとで始める。しかし、探査機の仕様が決まらなければ、カメラの性能が活かさないことが次第に明らかに
- そこで、NECのエンジニア、宇宙研工学の主幹と計画を策定作業
- 運用計画（どこから、どの様に、どのカメラのシャッターを切るか）を基本に据え、それを満たす探査機を考えた
- この頃に真剣に検討を進めたことが、将来に活かされたと考えている

金星気象計画立案の経緯

金星探査計画ワーキンググループでは、以下の観測プランが候補として挙げられ、議論された。いずれも、実施されれば金星の科学に大きな成果をもたらさうものである。

これらのうち(3)-(6)には実現可能性あるいは海外の計画との競合の点から問題があり、(1)と(2)が適当であると判断された。最終的には(1)を主テーマとして採用し、(2)を重量的余裕がある場合の副テーマとすることにした。

検討されたアイデア

(1) 近赤外の窓における撮像を中心とした気象観測（オービター）

これまでほとんど取り組まれていないサイエンス。気象学の理論的研究における日本の優位性を生かせる。既存技術で実現可能。

(2) 大気散逸、電離圏ダイナミクス（オービター）

過去にパイオニアビーナスの観測があるが、当時に比べて観測装置の発展が著しく、そのため今回はそれを上回る成果が期待される。使用する観測装置は宇宙研の衛星で多くの実績がある。

(3)赤外やマイクロ波の分光観測で大気組成を調査（オービター）

大気科学において気象観測と相補的な情報をもたらす。既存技術で実現可能。NASAと ESAで類似の計画が提案されている。

(4)大気発光のドップラーシフトを利用して大気運動を観測（オービター）

上層大気の力学の研究に寄与する。既存技術で実現可能。NASAで類似の計画が提案されている。

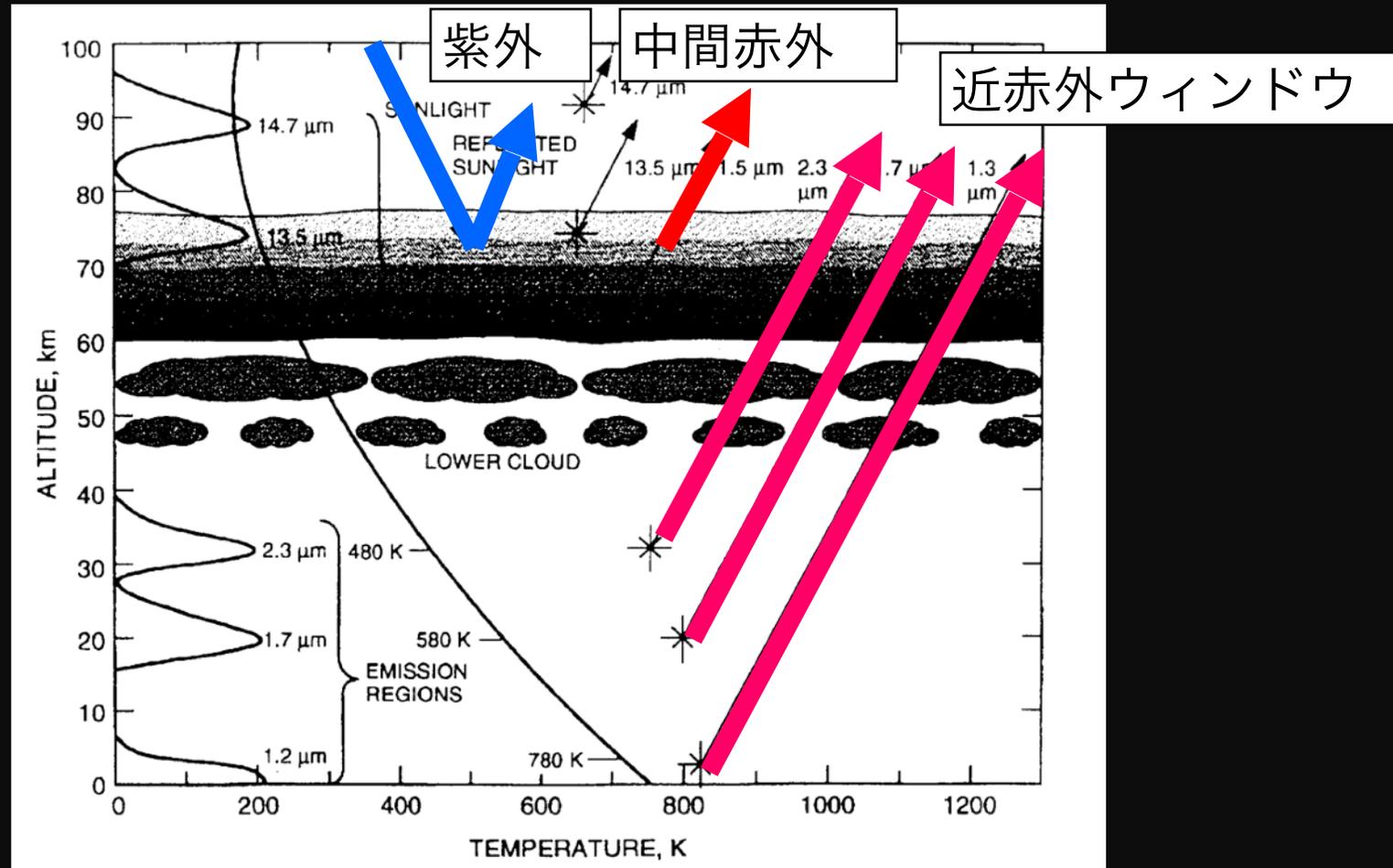
(5)下層大気や地表面の組成を直接観測（低高度気球・ランダー）

同位体比や鉱物組成を詳細に調べるための現状では唯一の手段だが、高温環境に適合するハードウェアの開発が短期間では困難と判断された。

(6)溶岩原の下に埋もれた古い地殻を地下レーダー探査（オービター）

地下からのエコーと地表面からのエコーを見分けるためには電波の経路を正確に推定する必要がある。月探査衛星セレーネで同様の計画が実行されようとしているが、金星は月と異なり激しく変動する濃い電離圏に覆われているため、数年のデータ蓄積では両者を区別することが困難であると判断された。

金星では波長によって観測される光の源が違うので、それらに対応するカメラを作る



下層～中層大気の複数高度面の運動を可視化

カメラ設計方針

- 全体で5つのカメラを20kg以内でつくる（冷凍機、データ処理系含む）
- 狙う波長は200-400nm UV, 777nm Visible, 1 μ m IR, 2 μ m IR, 8-12 μ m IRの5つ
- 波長分解はフィルターで行う
- どのカメラも6金星半径で金星が視野内に収まる画角とする
 - 視野角 12°
 - 妨害光回避角 26.5°
(太陽が軸線からこの範囲に入ったら観測中止)

- オーバースペックな解像度は避ける
 - 2時間毎に画像を撮り、画像パターンから数m/s を導出できればよい
 - 遠金点でも1000 × 1000程度の素子でよい
 - 光学系もこれに見合った解像度。レンズ枚数を減らして軽量化
 - 撮影速度は6金星半径の位置で金星と探査機の相対速度を求め、ぶれないように決める
- 金星は明るいので高い検出器感度は求めない
 - むしろ、堅牢かつ一様性に優れる素子を選ぶ
 - 放射線耐性は25kRad

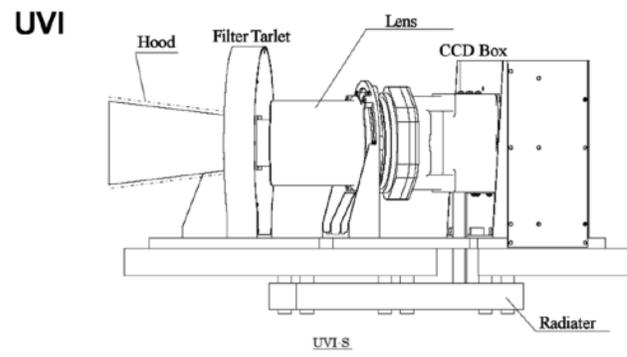
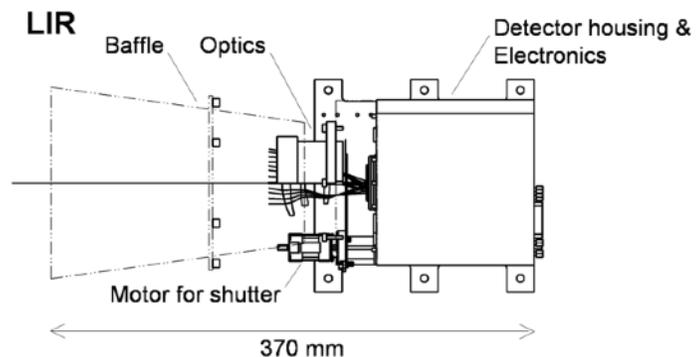
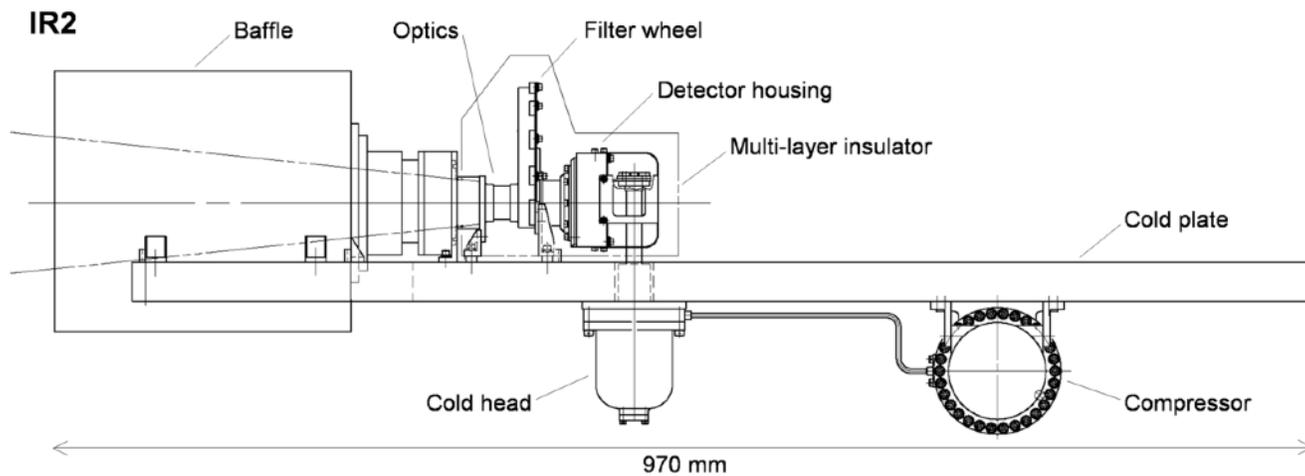
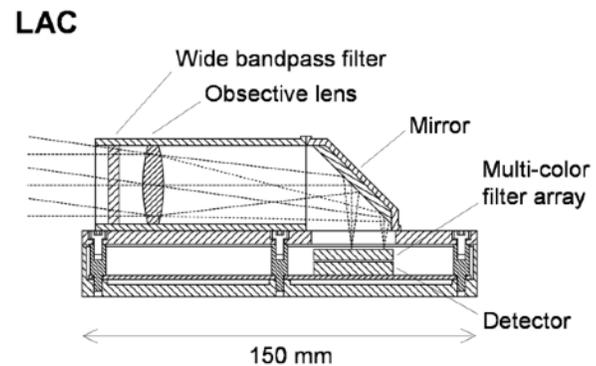
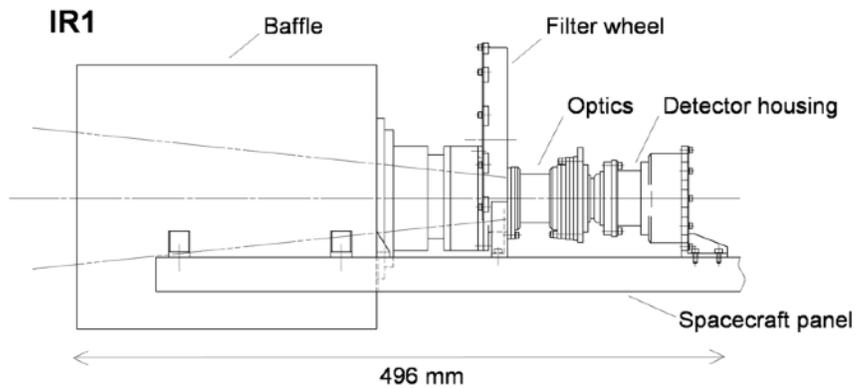
- 2001年1月
宇宙科学シンポジウム初日午前
金星探査計画 発表
- 夕方理学委員会
第24号科学衛星に選定

金星探査計画提案書



金星探査計画ワーキンググループ

2001年 1月



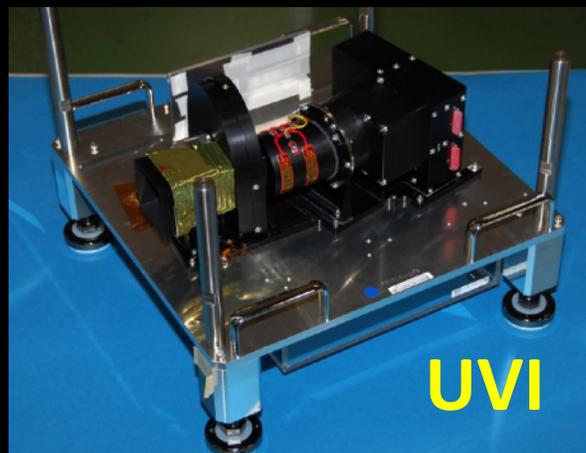
©ISAS Planet-C project

探査機に積まれたカメラと硝材

石英・蛍石

ZnS、S-LAH65相当品

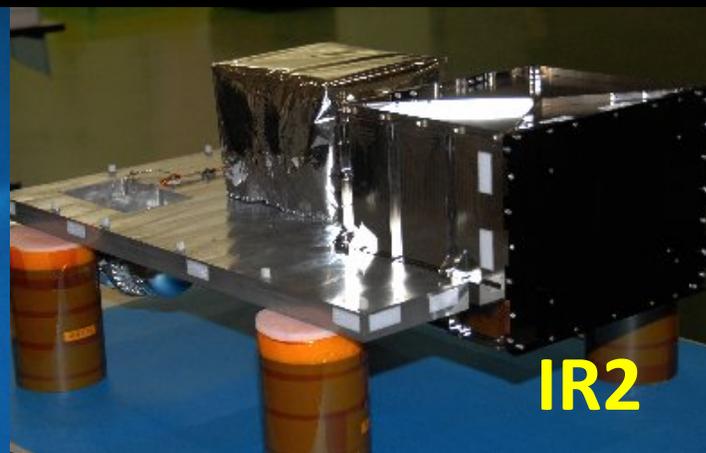
ZnS、Si、石英



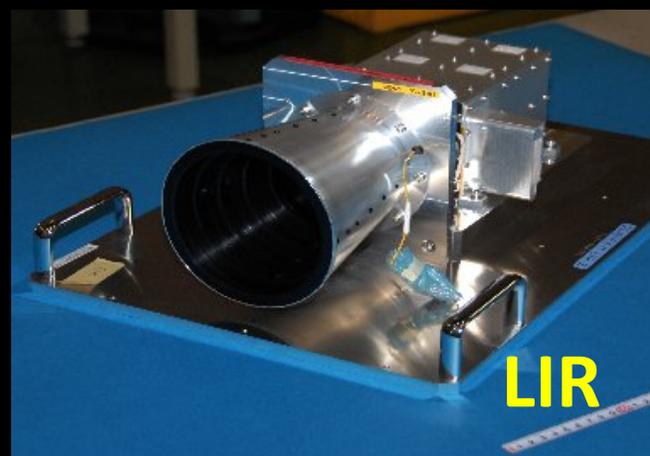
UVI



IR1



IR2



LIR



LAC

Ge

石英

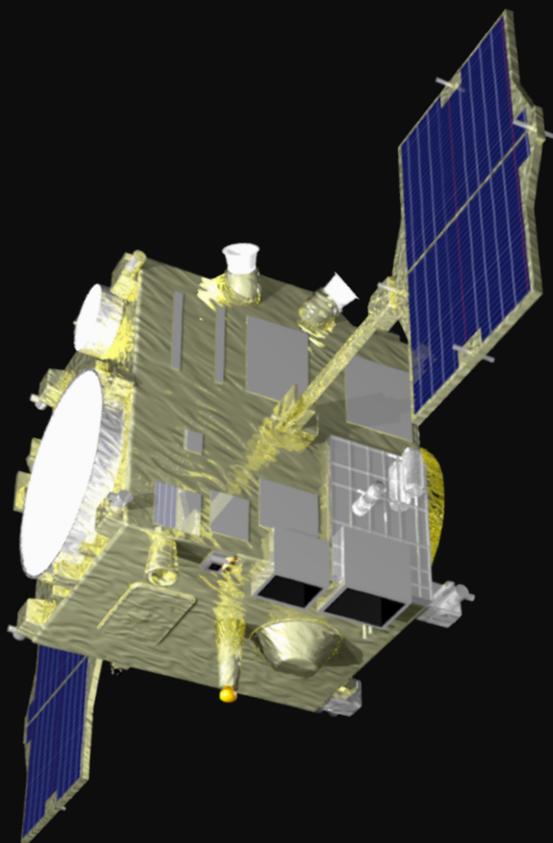
探査機名前の由来

- VCO
 - 最初PLANET-Cとだけ呼ばれていたが、「味も素っ気も無い、体を表す名前で無ければ」とはしもと・じょーじ君がVenus Climate Orbiterを提唱した
- あかつき
 - チーム内の公募では「疾風=はやて」が一番だったが、新幹線の名前ばかりになってしまう
 - 中村の案は「ひばり=雲雀」だった。
 - 石井PEが反対：はやぶさの帰還とこの探査機の打上げが時期がかぶさるのだから「ひばり」では、喰われてしまう
 - 阿部先生と大月さんが、STPの衛星は代々「あけぼの」「れいめい」と続いて来た。伝統に則って「あかつき」を提案

計画途中の変更

- 提案時には2007年打上げであった
- M-V 4号機、H II 6号機の失敗原因究明と改善の為に予算が持っていかれたため、2010年打上げに
- M-V 9号機で打ち上げる予定であったが2006年廃止決定、H II Aで打ち上げることが決まった
- 振動条件が全く異なる。H II Aはこんな軽い衛星を打つようには作られていない
 - ダミーウェイト600kgを積むことに → ソーラーセイル「イカロス」へ
 - 30Hzに衛星の共振点があり、太陽電池パドルが壊れる
 - 構造設計のやり直し、補強をした
 - MWの振動条件は緩和されたので、はやぶさ、セレーネで行ったホイール周囲をカプトンで巻く（故障の原因かも）はせずに済んだ

探査機概観



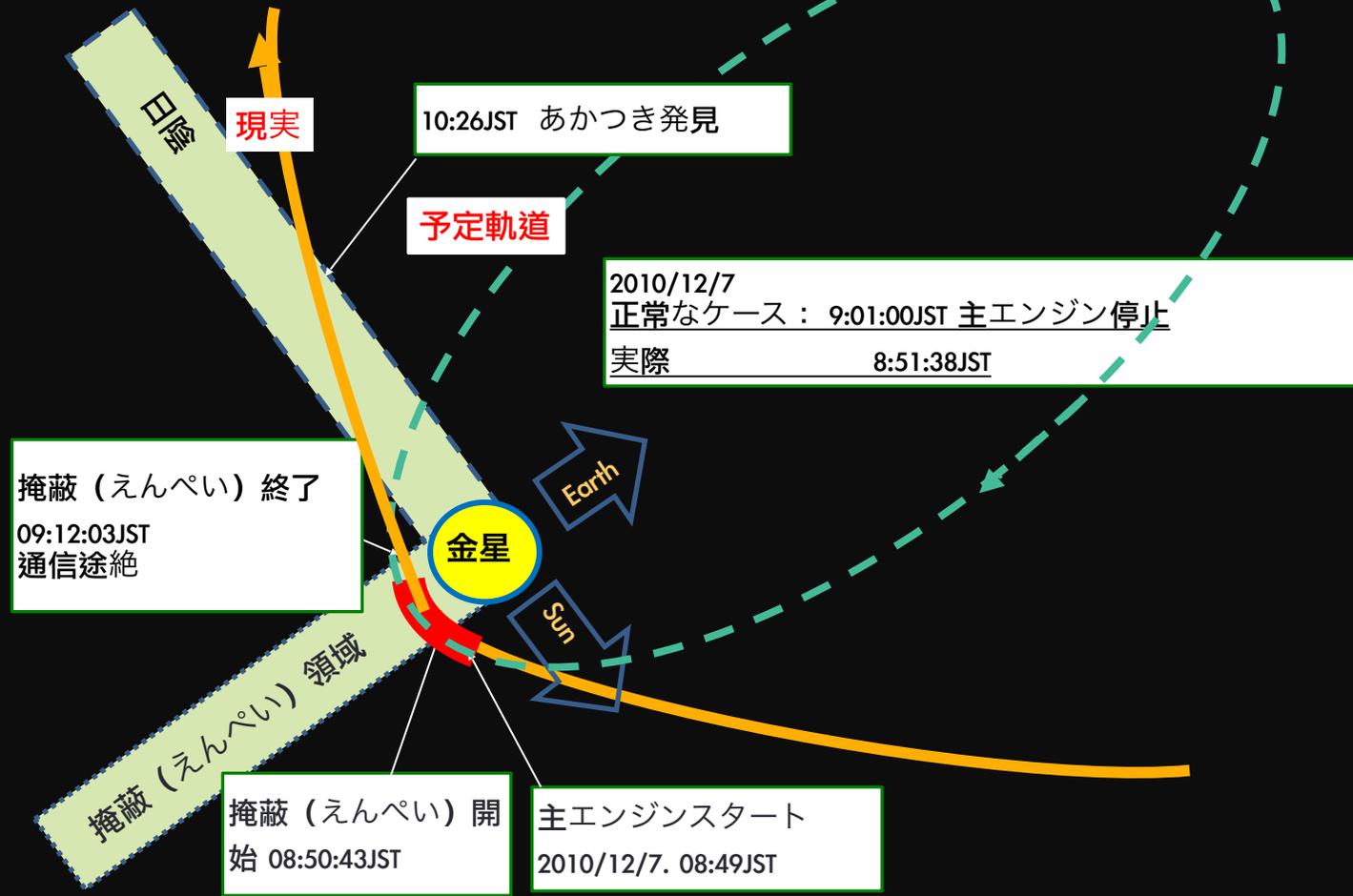
構体	1.04 [m] x 1.45 [m] x 1.40 [m]
重量	(dry) 321 kg (wet) 518 kg (打上げ時) (wet) 約377 kg (2015/5/1現在推定値)
観測機器	1 μ mカメラ (IR1) 2 μ mカメラ (IR2) 中間赤外カメラ (LIR) 紫外線イメージャ (UVI) 雷・大気光カメラ (LAC) 超高安定発振器 (USO)
推進系	軌道制御エンジン (OME): 500N級 姿勢制御エンジン (RCS): 23N級 x 8 3N級 x 4
アンテナ	HGA-T/R (X帯) MGA-A/B (X帯) LGA-A/B (X帯)



“L' AURORE. CHANTS DU RHIN” Georges Bizet
ビゼー作曲 ラインの歌より “あかつき” (演奏 Peter Vanhove)

2010年12月7日

金星をまわる軌道への投入失敗



小学校

新モラルジレンマ 教材と授業展開

荒木紀幸 編著

MORAL DILEMMA

モラルジレンマで授業が変わる!

読む道德



考え、議論する道德

数十年来、常に白熱討論の授業を生み出してきた、モラルジレンマ教材。「考え、議論する道德」への転換が叫ばれている今、新作モラルジレンマ教材で、子どもたちの心を育てませんか？

考える
道德を
創る

明治図書

④ どうする？ 「あかつき」チーム

対象
小学校5～6年生
学習目標
A-(6)真理の探究 C-04 勤労
C-04 公共の精神

みなさんは、金星という星を知っていますか。「地球になれなかった星」「地球の兄弟星」などよばれる星です。それは、地球と同じぐらいの大きさで、太陽からのきよりにていて、地球のすぐ内側で太陽のまわりを回っているからです。しかし、実際には金星と地球の様子は全く違っています。

その金星をよく調べるために、日本が計画したのが、金星探査機「あかつき」を使った調査です。生まれたころはよくにいたはずなのに、現在は二酸化炭素のじゅうまんした空気もち、空には硫酸の雲がかび、時速400キロメートルを超える暴風が吹きささぶまるで地獄のような星となっています。なぜ、このような星になってしまったのか。この理由がわかれば、地球が生命あふれる星になれた理由や今問題になっている温暖化のしくみを解き明かす手がかりが得られると考えられています。

そこで、主に金星の気象を調査する目的で、金星探査機「あかつき」がつけられました。「あかつき」を担当するチームに与えられた予算は約250億円でした。金星の地獄のような環境で調査をさせるため、打ち上げから4.5年もつように設計されました。

2010年5月21日、「あかつき」は金星に向けて打ち上げられました。そして、約半年後、金星の近くに到達しました。12月7日、金星の調査を行うため、金星のまわりを回るための軌道に入る時が来ました。ところが、メインエンジンの故障のため、金星のまわりを回ることができなかったのです。道に迷ってしまったかに見えた「あかつき」ですが、かろうじて太陽のまわりを回る軌道にいました。「あかつき」チームが計算した結果、約6年後にもう一度金星を回る軌道に入るチャンスがあることがわかったのです。

「何としても、再チャレンジをし、成功させたい。」

「あかつき」チームのスタッフはみなそう考えました。しかし、そのためには次のような条件が立ちはだかっていたのです。

- ① 再チャレンジのチャンスは6年後、たった1回。失敗は許されない。
- ② メインエンジンはこわれているが補助エンジンは動く。ただし、燃料がもつかどうか。
- ③ 「あかつき」の設計上のじゅ命は、4.5年。
- ④ 再チャレンジまでに9回、太陽熱のしゃく熱地獄をくぐりぬけなければならない。

宇宙に関しては、日本でもトップクラスの優秀なスタッフが集まる「あかつき」チームです。

①～④の条件をクリアして、金星のまわりを回る軌道に「あかつき」をたどりつかせることは、可能性のないことではないでしょう。

しかし、仮に軌道に入ること成功したとしても、設計じゅ命4.5年の「あかつき」が予定通りの観測を行うことは難しいかもしれません。ここで、「あかつき」をあきらめれば、優秀なチームスタッフは、別の計画の大きな力になれるはず。実際、国際宇宙ステーションを活用した研究や宇宙空間からX線を観測するASTRO-Hなどの準備が進められています。

「あかつき」チームは、再チャレンジを目指すべきでしょうか。それとも、あきらめて他の計画でその力を発揮するべきでしょうか。

◆再チャレンジを目指すべき。

◆再チャレンジをあきらめるべき。

「あかつき」チームは、再チャレンジを目指すべきでしょうか。それとも、諦めて他の計画でその力を発揮するべきでしょうか？

2010年5月21日に打ち上げられたX線天文衛星。X線を使うと宇宙での爆発・衝突などダイナミックな動きが見えるといいます。ASTRO-Hは、このような観測を行うため、アメリカのNASAや世界各国の協力を得て開発したものです。打ち上げ後は、「ひとみ」という新しい名前が与えられました。

ただ、残念なことに、打ち上げ後の3月26日には「ひとみ」からの通信が届かなくなってしまったそうです。その後、JAXAでは、懸命に復旧を試みたそうですが、結局「ひとみ」の運用は断念されました。「ひとみ」について、詳しく知りたい人は下のページを見てください。

「X線天文衛星「ひとみ」(ASTRO-H)」http://fanfun.jaxa.jp/countdown/astro_h/
なお、JAXAのWebページでは、「あかつき」や「ひとみ」も含めて、様々な画像や動画が用意されています。イメージを広げてみたいと考えている場合には、以下のページも参考にしてください。

「JAXA デジタルアーカイブス」<http://jdajaxa.jp/index.php>

【参考文献】

JAXA (宇宙航空研究開発機構) 2003 JAXA Web ページ <http://www.jaxa.jp/>

小学生に与えられた課題と我々の回答

①純粋に真理の探究の為に努力を続けようとする思いと、税金によって支えられているという立場や、だからこそ自らの才能や資質をより可能性の高い分野に投じるべきとの公共性の高い職業観との間の葛藤

金星ミッションは他人から与えられたものではなく、自分たちの価値基準に沿って行った。したがって葛藤を感じるはずもなく、金星ミッションを成功させる事を最優先させることは当然の帰結。

—他人の価値観で仕事をするのでは無く、自らの価値観で行動せよ—

②250億円もの予算を投じて、当初の目的を達成できない責任は大きい。しかし、いたずらに5～6年の間、有能な人材を失敗に終わる可能性が大きい職務に就けることによる損害は、むしろ貴重な時間の損失の方が問題では無いか？

失敗するかも知れなくても、それにチャレンジすることで技術者として、科学者として成長する。それが大事

VOI-R1 on December 7, 2015



- 2001年に提案された金星探査機あかつきは、15年たって日本で初めて他の惑星を廻る人工衛星となった
- 探査機復活のために多様な人格を持つ人々からなるチームが一丸となって事に当たった
- 今回の成功により日本が日々変化する惑星のデータを速やかに全世界に向かって発信出来る時代が来た。世界中の研究者が日本の取得したデータを使う事こそが、日本の惑星探査が成熟したことの証であろう

