

一番星へ行こう！ 日本の金星探査機の挑戦 その12 ～打ち上げ&地球撮像オペレーション～

山崎 敦¹，あかつきプロジェクトチーム

(要旨) 2010年5月21日に種子島宇宙センターよりHII-Aロケット17号機にて打ち上げられた「あかつき」衛星は、金星周回への遷移軌道に無事投入され現在順調に飛行を続けている。搭載カメラの機能チェックの一環として、打ち上げ14時間後に「あかつき」は地球を振り返り地球撮像を行った。オペレーションは滞りなく終了し、搭載カメラのファーストライトとなる地球画像が地上局にて受信された。視野内に映し出された地球画像は、搭載カメラが予定通りの性能を発揮していることのみならず、衛星姿勢制御系、通信系、電源系、構造系、熱制御系、自動観測プログラム・データ処理などの電気処理系など衛星システムのすべての機能に問題がないことを示している。本稿では、打ち上げから地球撮像オペレーションに至る過程を報告する。

1. これまでの道のり

金星大気探査計画は、2001年1月第1回宇宙科学シンポジウムにてミッション提案を行い、Planet-Cプロジェクトとして、金星気候システムを理解する目的で始まった[1, 2]。探査機は2009年10月、「あかつき」と命名された。約3年前の構造モデル試験[3]に始まり、フライトモデルの一噛み試験[4]、約1年にわたる地上での総合試験を終え[5]、2010年3月に「あかつき」はJAXA相模原キャンパスを出発、種子島宇宙センターへと向かった。射場試験も順調に進み2010年5月の打ち上げへと準備は万端整った。

2. 打ち上げ運用

2.1 第一回

当初の打ち上げ予定日時は、2010年5月18日午前6時44分14秒(日本時間：以下も同様)であった。プロジェクトの衛星チームは約24時間前から打ち上げカウン

トダウンシーケンスに入る。衛星搭載機器の最終確認と打ち上げモード設定、ロケット推進薬の充填と進み、後は打ち上げを待つばかり。緊張した面持ちで打ち上げの瞬間を待ちわびていると、打ち上げ5分前に延期の報告が入る。緊張感が一瞬落胆色に染まる。氷結層の存在が確認され打ち上げ延期が決定された。この直前の時間帯に打ち上げ延期を決定するロケット打ち上げチームの英断でもある。その直後から衛星チームは、逆手順に入る。搭載電池は放電モードに入っており、打ち上げ本番に備えて過負荷を避けるため、一刻も早



図1：HII-Aロケット17号機打ち上げ瞬間の写真((C) JAXA).

1. 宇宙航空研究開発機構
yamazaki@stp.isas.jaxa.jp

く外部電源へ切り替える必要がある。

打ち上げ手順書にはこんなこともあろうかと当初から逆行手順も含まれており、リハーサルでも手順を確認してある。衛星チームは何事もなく逆行手順をこなし、10分足らずで衛星を安全な状態に戻したのであった。通常なら使用するはずもなく無用とも思える手順を何度も確認してきており、このときほど「備えあれば憂いなし」ということわざを実感したことはなかった。

2.2 第二回

一旦延期となったロケット打ち上げ時刻は、2010年5月21日午前6時58分22秒に再設定された。打ち上げ延期決定の約7時間後のことであった。再設定日はくしくも金曜日。プロジェクトチームの定例会が毎週金曜の朝であったのと同様、金星には緑の深い金曜日となった。

二回目の打ち上げオペレーションに向けてプロジェクトチームは集中力を切らすことはなかった。今回は天候も良く問題なく打ち上がる予感がある。再度24時間前にカウントダウンシーケンスに入り、衛星搭載機器の最終動作確認を行った。この1年、何十回と同じ試験を行ってきたが、もっとも緊張した試験となった。滞りなく衛星側の試験も終了し、ロケット燃料充填の

時間となる。種子島から配信される映像には、射点に設置されたロケット本体から次第に液体水素・液体酸素によって凝縮・凝結した水蒸気が白い湯気のように立ち上る様子が映し出され、一段と緊張感が高まる。これと並行して、衛星チームは地上系の連絡体制が整っているかどうかの確認をする。種子島、内之浦、相模原の国内局はもちろんのこと、打ち上げ直後の衛星軌道計測を協力依頼しているNASAの深宇宙通信情報網との連携確認も行った。ロケット発射準備も完了し、あとは天候が悪くならないことを祈るのみ。皆の目は、インターネット配信されている種子島上空の気象リアルタイムレーダーに集まり、雨量、雷発生領域に注がれる。氷結層が発達しないことを祈りながら…。

定時の打ち上げ条件確認もクリアし、最終確認の時刻となる。前回延期の決まった5分前である。

今回の判断はGo。打ち上げ実施である。相模原にいる衛星チームは、種子島から送られてくる映像に入り、ロケット打ち上げが成功することを祈っている。そしてその時がきた。2010年5月21日午前6時58分22秒、H-IIAロケット17号機は、轟音を響かせ、種子島宇宙センターから空の彼方へ飛んでいった。打ち上げ瞬間の写真を図1に示す。その後、受信されるデータはロケットが予定されていた飛行経路を順調に飛行していることを示し続け、リフトオフから27分29秒後には金

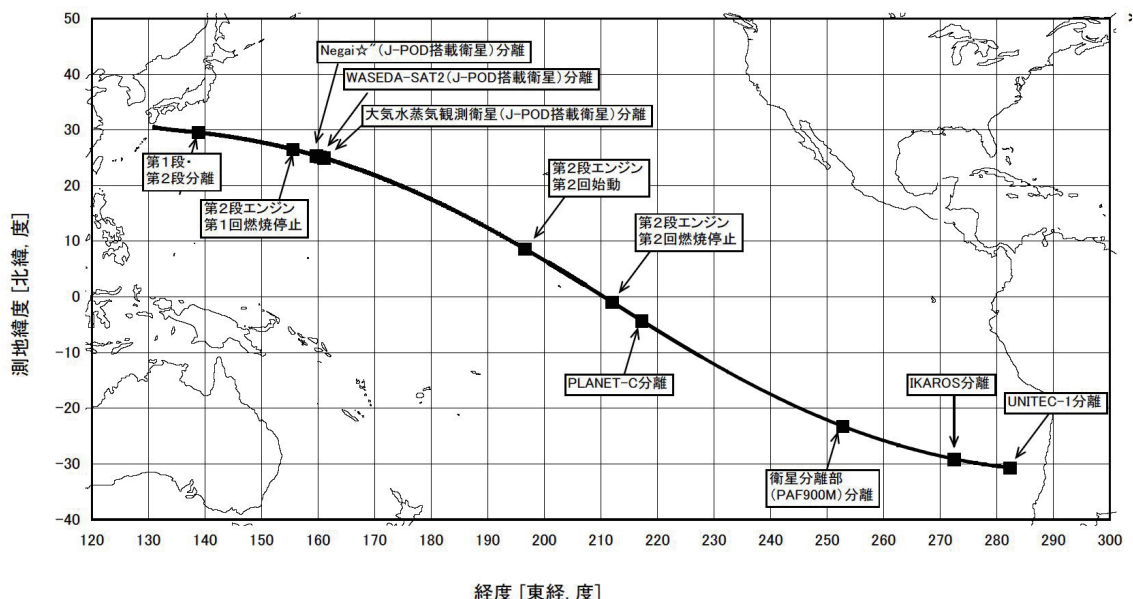


図2：HII-Aロケット17号機の衛星分離までの飛行経路[6の改変]。

星探査機「あかつき」を分離、所定の軌道に投入したことを示していた[図2]。

3. 地球撮像運用

3.1 地球撮像

ロケットから衛星が分離したあと、衛星のステータスデータは受信不可能となる状態が約3時間続いた。地上局の配置制約のため、搭載電池の消耗を最小限に抑えるためである。この間しんと静まり返る運用室では、受信準備するもの、手順を確認するもの、祈るもの、人それぞれである。しかし、最初の衛星からの電波がNASA深宇宙通信情報網の一局で受信されるころには、衛星のステータス表示画面にぐき付けとなる。まず、データ受信が成功すると一歓声、太陽電池パドルが展開されていることに一歓声、コマンド送信成功に一歓声する。そして改めて全搭載機器のステータスが正常であることをつぶさに確認して安堵する。衛星チームの拍手喝采のときである。

それから約10時間、衛星軌道決定のための時間となる。鹿児島県内之浦宇宙空間観測所から衛星が可視状態となる最初のパス(第一パス)までに軌道決定し、軌道補正を行うか否かの判断をしなければならない。当初、第一パスの運用時間は軌道補正や衛星システム作業のために、科学観測を行うカメラの状態確認試験に時間が割けない可能性もあった。が実際には、ロケットの衛星投入軌道誤差がほとんどなく衛星軌道補正手順は省略でき、さらに太陽捕捉・三軸制御確立などの第一パスの姿勢制御系手順が非常に速やかに進行し、地球撮像運用と画像データ再生に第一パスの運用時間を配分できることとなった。ひとえにロケットおよび衛星のシステム設計・制御・運用準備の努力のたまものである。

第一パス通信試験中の一環として、中間赤外カメラ(LIR) [7]、紫外線イメージャ(UVI) [8]、1 μ mカメラ(IR1) [9]の3台を立ち上げ地球を撮影した。撮影時刻は5月21日午後8時50分頃。このとき「あかつき」と地球の距離は約25万kmであり、地球の視直径は約3度、夜側の地球を観測した。打ち上げ後14時間程度でファーストライトを取得した世界でも稀有な衛星となる。地球撮像運用完了直後から早速データ再生に取り掛か

る。画像データは圧縮されているので受信データを一つ一つ解凍しなければならない。まだかまだかと周囲の期待と不安に急かされながら、慌てず騒がずデータ処理を行う理学チーム。そして地球画像が目の前に現れる。IR1、UVI、LIRと一枚ずつ…。感激の一瞬である。IR1の細い地球画像のなかに雲構造がはっきり捉えて歓喜の声。UVIの美しい大気をまとった細い地球画像に大歓声。そして最後にLIRの一枚。驚嘆の声。見慣れた丸い地球画像に夜面の大気構造がはっきりと捉えられていた。感動が渦巻く時間が流れる。画像濃淡に見とれ惑星大気研究者の血が雲構造解釈の議論に花を咲かす。日頃の議論のときには見られない満面の笑顔で。気象衛星「ひまわり」の画像で地球の雲には見慣れているはずなのに時が経つのを忘れ地球画像に見入ってしまった。

科学観測に使用される搭載機器のうち、2 μ mカメラ(IR2) [10]と雷・大気光カメラ(LAC) [11]および超高度発振器(USO)の立上げは日を改めて別途行う。

3.2 取得画像について

撮像画像を図3に示す。中間赤外カメラ(LIR)は、波長10 μ mでの地球撮像に成功した。視野は、縦12.4度×横16.4度、画素数は縦248×横328ピクセルである。地球自身が放つ赤外放射を見ることができると、唯一夜側の地球大気構造を正確に捉えている。暗いところが高層の雲にあたり、低層の雲や雲がない地域は明るく写っている。中央にはオーストラリア大陸が、下には暗く南極大陸が把握できる。紫外線イメージャ(UVI)は、波長365nmで地球撮像を行った。視野角は12度、画素数は縦1024×横1024ピクセルである。高高度領域の大気で散乱された太陽光を観測している。そのため輪郭ははっきりしない。1 μ mカメラ(IR1)は、波長0.9 μ mで地球の昼面撮像を行った。視野角は12度、画素数は縦1024×横1024ピクセルである。大気をよく透過する波長であるため、雲の細かな模様が確認できる。

4. これからの道のり

「あかつき」衛星は、8月2日現在地球軌道(1AU)より外側を飛翔中で、太陽の周りを公転する地球を後ろから追っている(図4)。8月末に1AUより内側の軌道に



図3: 撮像された地球画像((C) JAXA). UVI(左), IR1(中), LIR(右)の画像を地球中心にトリミングしたものである。UVI, IR1画像は日照面のみが, LIR画像には夜側の大気写っている。

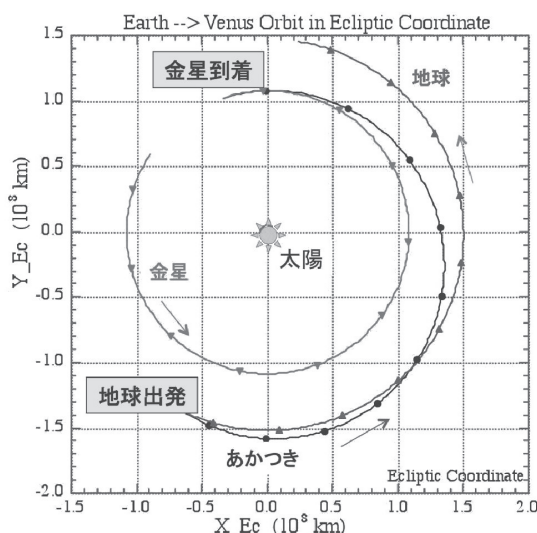


図4: 「あかつき」衛星の金星周回軌道への遷移軌道計画の太陽中心黄道面投影図[12]。●印が「あかつき」の, ▲印が地球の, ▼印が金星の月初めの位置を示す。

入り太陽電池による電力供給に余裕が出るため, IR2カメラによる黄道光観測を開始する予定である。そして打ち上げから200日後の12月7日金星に到着, 金星の赤道面近くを公転する周回軌道に投入される予定である。もちろん衛星チームは遷移軌道飛翔中から周到かつ詳細な試験・調整を行い, 万端の体制で周回軌道投入運用に臨む所存である。私たちの本当の目的はこれ

からである。

謝 辞

「あかつき」衛星打ち上げ, 初期運用に関して紙面に記しつくせない関係各方面のたくさんの方々に多大なるご協力・ご支援をいただきました。この場を借りて深甚の謝意を表します。

参考文献

- [1] Nakamura, M., et al., 2007, Planet Space Sci. 55, 1831.
- [2] 今村剛他, 2007, 遊・星・人 16, 226.
- [3] 奥泉信克, 2007, 遊・星・人 16, 339.
- [4] 鈴木睦, 2009, 遊・星・人 18, 102.
- [5] 大月祥子他, 2010, 遊・星・人 19, 56.
- [6] 宇宙開発委員会報告, http://www.jaxa.jp/press/index_j.html.
- [7] 福原哲哉他, 2008, 遊・星・人 17, 77.
- [8] 山田学他, 2008, 遊・星・人 17, 189.
- [9] 岩上直幹他, 2008, 遊・星・人 17, 244.
- [10] 佐藤毅彦他, 2009, 遊・星・人 18, 106.
- [11] 高橋幸弘他, 2009, 遊・星・人 18, 238.
- [12] 金星探査機「あかつき」プレスキット, http://www.jaxa.jp/countdown/f17/index_j.html.