

「かぐや」月へ還る 制御落下の成功と、



経緯線(黄色)と、「かぐや」の落下までの軌道(青線)が書き込まれた月のCG。
視点は月のやや南極上空付近から。軌道情報データ提供システム「月周回3D」より



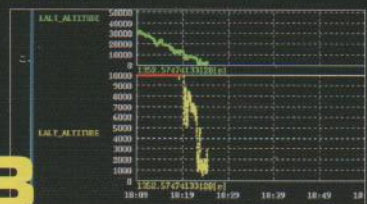
1

落下半周前の午前2時40分ごろ、月の北極付近の上空約80kmあたりを約1.6km/sで飛行しながら、スラスターを前方に噴射して減速。



2

軌道高度を下げながら月の裏側を周回し、落下約15分前、日陰に入るところでHDTVでのラストショットを撮影。続いて地形カメラでの最後の撮影も。



3

徐々に低下する軌道高度が示されるレーザ高度計のグラフを関係者は注視。



4

午前3時25分14秒、ほぼ予定通りの時刻に信号が途絶え、落下を確認。制御落下の成功とともに「かぐや」観測ミッションが終了した。オーストラリアやインドの天文台が、落下時の閃光をとらえた。

2

009年6月11日午前3時25分、輝かしいフィナーレでした。

運用チームは、約1年半にわたる観測ミッションを終えた「かぐや」の、月の南半球にあるGILクレーター近くへの制御落下を成功させたのです。同日朝9時から行われた記者会見で佐々木進プロジェクトマネージャは、成功の3大要素として「地形図」「軌道決定」「軌道制御」をあげていました。「月の地形図」はもちろんのこと、軌道決定の精度にかかわる「月の重力異常」のデータも、また「軌道制御」にかかわる衛星の応答性のデータの蓄積も、これまでの観測と運用を通じて得られたもの。それらの蓄積があつてこそ、だったわけです。



「21か月の運用を最後までキッチリと終えることができました。遠隔探査でやるべきことは、これでほとんど終わったと思っています。ここ1〜2年で、月の起源と進化について、1つの結論が出るのではないかと期待をしています」(佐々木進プロジェクトマネージャ・写真)との自信にあふれたコメントに、次なる成果への期待が高まります。

また今回の成功は、「月の周囲軌道から月面のねらった場所に、宇宙機を到達させる技術」を日本が会得したということをも意味しています。将来の着陸機を用いた探査や有人探査にもつながる成果と言えるでしょう。

レーザ高度計

LALT

荒木博志

国立天文台



たくさんの重い荷物をぶら下げて、長い間、本当におつかれさまでした。内心はすぐにでも帰りたいかったのですが、1年半の間よく耐えて仕事を続けてくれました。おかげでこれからの月科学や探査の足がかりとなる知見がたくさん得られました。

お願いした「レーザ高度計」では、月全体の地形を詳細に調べつくすことができました。特に太陽の光が届かず、画像の得にくい極域の地形図には、世界中から多くの関心が寄せられています。何しろ世界初のことでしたからね。

レーザ測距の原理は天体の形を調べる上でたいへんわかりやすいものでしたが、月ではアポロ、クレメンタインに次いで3番目と実績は多くはありませんでした。今後の月探査では、岩石を蒸発させて分光観測する計画が具体化するかもしれません。その時はまたよろしく願いいたします。

VLBI電波源

「おうな」

VRAD

花田英夫

国立天文台



「おうな」と「おきな」という2つの子衛星を切り離した「かぐや」は、約1年半の観測をまっとうした後、月に落下しました。私たちの「おうな」は、「かぐや」と「おきな」が先立ったため観測を停止しましたが、じつはまだ月のまわりを回り続けています。昼夜を問わず観測してきた「月の重力場」を、きつとまだ測りたいに違いありません。

もし、いずれそれが実現するとなれば、これまでと同じことをやっても注目はされません。より詳しく月を調べる画期的な観測技術が必要となることでしょう。「おうな」は、そうした新たなパートナーと一緒に月を回ってくれる時を心待ちにしているのではないのでしょうか。あるいは、将来の月面基地と通信できる日を楽しみにしているかもしれません。

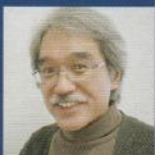
「かぐや」やとともに月世界を旅した仲間たちを代表して、搭載された15の観測機器類のPIから、フェアウェル・メッセージをいただきました。「かぐやに何と声をかけてあげたいか」「かぐやは何と答えてくれるだろうか」というリクエストに応えていただいたコメントからは、「かぐや」は輝かしい科学と技術の成果以外にも、大きな感動を残してくれたのだということがわかります——。

月磁場観測装置

LMAG

綱川秀夫

東北大



冬の深夜、窓を開けると満月が南中している。吐く息がかからないようにして、厚紙でできた1mほどの円筒をそっと窓枠に置いた。小遣いをためて買ったキットの天体望遠鏡は白色で、両端に黒い帯があり一応の格好はついている。しかし、架台もファインダもないただの筒である。

少しどきどきしながら覗いた。真っ暗で何も見えない。手で支えたままずらしていくと、いきなり月が全視野に広がった。まぶしくらいだ。想像以上にクレータがよく見える。もっと焦点を合わせようとするが、ふらついてしまううえに寒さで手がかじかんできた……。

それから40年以上経ったいま、月磁場の観測データをあれこれと解析している。「かぐや」により、キット望遠鏡で見た月は再び現れ、私のアルバムの一葉として収まった。

月レーダー

サウンダー

LRS

小野高幸

東北大



よくもあんな遠いところまで行き、五体満足で、長きにわたって観測を続けてくれました。電波で月の地下構造を調べようとの着想から12年。最初はできると誰も信じてはいなかったが、検討を進めるうち、試験と評価をぬかりなくやれば、きつと成功するに違いないと信じられるようになりました。

ただ、ごくごく微弱な電波を観測するため、自分自身の電磁ノイズ低減を徹底しなければならない上に、他の観測機器の方々にもそれをお願いしなければならなかった。みなさんの温かい協力があればこそその成功だったと思います。本当に感謝しています。

1年半の観測期間を終え、望んでいた以上の成果が得られました。かぐや、本当にありがとう。おつかれさまでした。

PIのみなさまへ

祖父江真一

JAXA

かぐやプロジェクト



私は15名のPIを中心とする150名ほどの研究者のみなさんと、「かぐや」の衛星システム、地上システムの開発・運用に関わる部門(関係者は単に「プロジェクト」と呼んでいました)の調整を担当し、緊密なやりとりを続けてきました。

PIのみなさんはいってみれば「月世界行き」のプラチナチケットを手にするために努力をしてきた方々。途方もない幸運と、それにとまなう責任を負い、打ち上げ後だけでも21か月間、開発期間を含めれば10年以上の「かぐやの旅」をともにしたわけです。

PIのみなさん、望んでいた月の世界が見えましたか? 予想もしなかった光景やデータに感動しましたか? 満足のいく月旅行だったでしょうか?

ひとつの区切りを終え、私たちプロジェクトのメンバーは、次の旅の準備に入りたいと思いますが、引き続き「かぐや」の解析研究の旅を気をつけてお続けください。また、次回のお申し込みをお待ちしています。

※PI: Principal Investigator.

観測機器の提案をし、機器開発やデータの解析研究の責任を負う

粒子線計測器

CPS

高島健

JAXA



手塩にかけて育て上げた娘は、元気に旅立っていきました。しかし過保護な環境に慣れてしまったのか、厳しい世界でなかなか自分のよさを出せずにいました（CPS-PS一部不具合）。手を差し延べようにも、もう届きません（本当にこれは悲しかった）。

けれど、娘の自立心を信じて、少しずつ綴られる文を読みとり、時には叱咤激励の言葉を返しながら、ようやく新しい様子を知ることができました。すでに便りが届くことはありませんが、残された文面を何度も読み返しながら、そこに隠れた真実の発見をしていくことが楽しみです。

ガンマ線分光計

GRB

長谷部信行

早稲田大



かぐや姫はいろいろな苦しみと困難を乗り越えて、少しずつ大人になっていきました。吾輩も夜空に浮かぶ月を見つめ想いを馳せ、大きな夢を見ていました。そして、選りすぐりの15人の供と一緒に、光り輝く月に旅立ちました。吾輩もその1人です。

一行は月のまわりをぐるぐると回りながら、月世界を見て回りました。そこはいろいろな光が飛び交う美しい国です。キラキラと光り輝く宝石も一杯です。きれいな世界地図もできました。

そして待ち焦がれた月の都にそっと降り立ちました。仲間も吾輩も足を降ろし、その使命を終え、ほっと溜息をつきました。みなさんご苦労様でした。でもちょっと寂しいな……。

次は、かぐや姫のいる月の都に降りて姫と一緒に口バに乗り、山や川、海をゆっくりと散歩するんだよ。それがもう1つの夢なんだ。だから、乾杯と涙はそれまでとっておくんだ。その時まで、みんなお元気で！ またお会いしましょう。

ハイビジョンカメラ

HDTV

山崎順一

NHK



ひょっとしたら「かぐや」は、われわれの問いかけにこんなふうに応じてくれるかもしれません。

「本当に仰天しましたわ、ハイビジョンカメラを載せるという話を聞いた時は。何しろいままで14の子どもたちを載せるのに精いっぱいでしたからね。みんな生まれ育ちのよい秀才たちばかりでしょ。ダイエットもしてもらって、これで完ぺきだったわけです。そこへ、ほら、ガラが悪いって言っちゃんですけど、なんか場違いな子どもが来るって話じゃない(笑)。

言葉遣いも悪くて、大食いらしいという噂を聞いて、本当は心配してたのよ。でも仲間に加わったら、結構やるじゃないって。場所が悪いのに不満も言わず、遅れも取り戻してよく頑張ったわ。手のかかる子だったけど、月から綺麗な映像を送り出してくれた時は本当にうれしかったわ。次のチャンスも頑張ってるって、月から声援を送ります」

スペクトルプロファイラ

LISM/SP

松永恒雄

国立環境研



のちにLISMと名付けられる観測機器の提案をまとめるべく四苦八苦し、ようやく提案書の原稿を提出したのは、1996年3月9日、明け方の研究室からだった。その日は当時29歳だった私の結婚式当日、新婚旅行出発を翌日に控えた日。それから13年……。

あの時の提案書から生まれたLISMは、その後の長い開発期間と、2年弱の月での観測ミッションを走り通した。その間、私を含めた若くて経験不足で勢いだけのチームメンバーが、さまざまなトラブルにぶつかり、右往左往し、それを乗り越えながら少しずつ成長していく様子を、きっとLISMは不安気に見ていたに違いない。いま月面に眠るLISMには「ここまで来たら（多分？）もう大丈夫だよ。あとは私たちに任せて、安心してお休み」と言ってあげたい。

リレー衛星

「おきな」

RSAT

並木則行

千葉工大



「かぐやが月面衝突しましたね、どんな気持ちですか？」と聞かれる。だがぼくにはうまく答えることができない。ぼくの「かぐや」プロジェクトはいまも終わっていないからだ。セレーネプロジェクトの始まりにぼくらは「月の起源と進化を探る」という目的を立てた。その目的はリレー走のバトンのように搭載機器開発者に引き継がれ、かぐやに託された。

21か月の観測期間中、かぐやは傷つき転びそうになりながらも最後まで観測をやり遂げ、ぼくらにバトンを戻してくれた。この素晴らしい観測データから、もっとも多くの科学成果を引き出すことができるはずだ。そして「次のランナーへ、未来の惑星科学者たちにこのバトンを渡してくれ」と、かぐやに言われた気がする。

かぐやはゆっくりとトラックから退場した。だがぼくらに、手を振り、別れを惜しむゆとりはない。約束するよ、このバトンを次につなぐまで、ぼくらは走り続けることを。

「かぐや」月に還る
PI(観測機器の主研究者)
15名からのメッセージ

超高層大気 プラズマイメージャ UPI

吉川一朗
東京大



ひょんなことから観測装置のジンバル（可動機構）を自前でまかなうことになり、筆舌に尽くしがたい苦労を味わいました。UPIは私が関わった中でも、もっとも大きくて複雑な装置となりました。開発期間中はマーフィーの法則を地でいくように、最悪のタイミングで最悪の事態が起こり続け、正直、かなり後悔もしていました。

しかし機器開発を通じた人との出会いで、私の視野は広がりました。月周回軌道に入って2008年春のファーストライト以降は、目くらむような素晴らしいデータも撮れました（わずかな期間でしたが）。その後のジンバル不具合から、「地球プラズマ圏外から極端紫外光で全天走査」というユニークな観測ができ、新たな眺望が開けつつあります。「味わった苦労、ムダにはなってないかな」という気もしています。

地形カメラ LISM/TC 春山純一

JAXA



いと思うと、PIを引き受けた15年前は、怖いモノ知らずでした。次々と起こる問題は機器のことや予算のこと、あるいは体制のことだったりもしました。レビュー会はいつも針のむしろで、「カメラの失敗はプロジェクトの失敗」とのプレッシャーも相当でした。

しかし、打上げ成功、初データ取得、科学的に貴重なデータの取得、最初の論文発表……。節目節目で大きな感動を味わいました。多くの仲間と苦楽をともにする、探査プロジェクトならではの醍醐味を堪能できた気がします。「かぐや」とLISMに、そして多くの方々に感謝の念で一杯です。

しかし科学的な解析は、まだこれからが正念場です。「かぐや」の名を不朽のものとするよう、がんばっていきたいと思っています。

電波科学 RS

今村剛
JAXA



観測装置の調整のために幾度も臼田宇宙空間観測所に出かけ、直径64mのパラボラアンテナがまっすぐに月を向いて月周回機と通信する、現実離れた光景に見とれました。2002年ごろ定年退官を控えた小山孝一郎先生から「後はよろしく」とバトンを渡されるまで、これほど濃密な月との対話があるとは思いませんでした。

われわれがターゲットとする月の電離層は、まだ正体もよくわからない、謎に満ちた存在です。月へ帰るかぐや姫のごとく、すぎる手の間をすり抜けていくようです。「追いかけてくるもあなた次第、他の人へ目を移すもあなた次第」――。

くすくすと笑う声が聞こえるようです。

プラズマ観測装置 PACE

齊藤義文
JAXA



必死になって準備した観測装置が初めてデータを送って来た時の感動が、人間の誕生の感動とほとんど同じと気づき、われながら驚きました。「かぐや」の観測装置PACEは、そういう意味で私にとって2番目の子どもでした（実の子を別にすると）。

姉にあたる観測装置は、火星に向けて旅立った「のぞみ」に載って、いまも宇宙のどこかを飛び続けています。時々「どこにいるのか……」と考えることがありますが、それに比べて「かぐや」に載った子どもは、いつでも見えるあの月にいます。だから月を見ると何となくあたたかい気持ちになれます。自分か子どもか孫か、またその子どもかもしれませんが、月へ自由に行ける日が来たら、会いに行ってお話してほしいと思います。

そして私たちの実験室では、水星をめざす3番目の観測装置が胎動を始めています。「のぞみ」「かぐや」の観測装置たちの、弟になるのか妹になるかは、まだわかりませんが……。

蛍光X線分光計 XRS

岡田達明
JAXA



大学院生だった私が、惑星科学のそうそうたるメンバーの揃う会議に急に呼ばれたのは、1995年夏のことでした。それが「かぐや」で行う月科学観測の検討がスタートする会議でした。以降、多数の関係者の努力によって「かぐや」はミッションとしてしっかり立ち上がり、開発され、飛翔し、使命を全うしました。

思えば非常に長い付き合いでした。惑星探査用の観測機器の基礎開発というニッチな研究テーマに取り組む大学院生だった私がここまで来るのに、アツという間に過ぎたという感覚しか残っていません。私を含めたXRSチームのメンバーのほとんど、大学院時代から参加してきたことになります。図らずもさまざまな現場経験を積むことができ、感動や苦しみも味わいました。

2010年代には月（SELENE-2）や火星（MELOS）、小天体（はやぶさ2）などの探査が検討されており、「かぐや」での貴重な経験を次に活かしていきたいと思います。

マルチバンド イメージャ LISM/MI

大竹真紀子
JAXA



もし、かぐやさんが私たちに何か声をかけてくれるとしたら、きっとこう言ってくれることでしょう……。

「1年半かけて月を何千周もして、あなたたちのために星の数ほど月の画像を撮ってあげたんだから、1枚も無駄にしないでちゃんと月のこと調べてね！」

それなのに、私がこれまで研究に使っているのは、得られた画像のまだほんのごくごく一部でしかありません！観測自体は終了しましたが、私にとっての「かぐやプロジェクト」は、まだ始まったばかりだと思っています。これからさらに研究を進めて月の謎を明らかにしていくことが、かぐやさんの頑張りに本当の意味で答える道だと、心を新たにしています。