

「かぐや」衛星の月面衝突に思うこと

水谷 仁 Hitoshi MIZUTANI

2009年6月11日の早朝、「かぐや」衛星は月面に衝突し、その使命を終えた。予定されていた最期とはいえ、この月探査衛星の誕生から今日まで、「かぐや」を見守ってきた私には一言では言えない感慨がある。今ではこの衛星計画がどのようにして、誕生したか知っている人も少なくなってきたので、この機会に「かぐや (SELENE)」計画の発端のようすを記しておくのも無駄ではなかろう。

この月探査計画が構想されはじめたのは、1990年代のはじめである。当時の宇宙科学研究所（以下 ISAS と略す）では 1980 年代の後半からペネトレータを使った月探査 LUNAR-A 計画が始められていたが、宇宙開発事業団（以下 NASDA と略す）では H-II ロケットの開発を始めており、これを使ったミッションとして月探査を NASDA と ISAS の共同事業として行おうという考えが出てきた。ISAS の月探査ももともとは月周回衛星による月面表面探査とペネトレータによる月内部探査の 2 本柱で進めようというものでありながら、LUNAR-A だけが認められていたので、私はこれを機会にぜひ周回衛星による月探査を行うべきと提案した。

「SELENE」計画のキックオフとなったのは、1994 年の秋、京都で開催した第 1 回国際月探査ワークショップだった。これはその前年に、ヨーロッパ宇宙機関 (ESA) の肝いりでスイスで開かれた月探査ワークショップに引き続くものだった。この時に国際月探査ワーキンググループ (ILEWG) を設立することが提案され、京都の会議でその設立を確認したのだった。私は今も活動しているこの ILEWG の最初の議長となった。この当時、米国はまだ月探査には冷淡で、むしろ欧州のグループが月探査に勢力を注いでおり、京都にはロシアを含む、ヨーロッパの各国から多くの科学者が集まった。これからの月探査は日本と欧州の競争になりそうだと、私はすこし心配になるほどだった。その後、欧州の惑星探査のグループに会うたびに、あの京都の会議は素晴しかったとお褒めの言葉を頂くのは嬉しいが、SMART-1 以降の月探査を実施できない彼らの残念さも表していると思う。

この京都の会議で、私たちは H-II を使った大型月探査ミッションを説明し、そのあとに月着陸船ミッション、月ローバーミッション、月サンプルリターンミッションと続ける予定であると述べた。このステップ・バイ・ステップ方式による月探査の長期計画は集まった世界の惑星科学者にも共感を得た。日本がまもなく月探査のリーダーになりそうだという印象を与えたとおもう。

「SELENE」衛星の構想はすでにその頃かなり固められていたにも拘わらず、実際にこのプロジェクトが発足したのはそれから数年たった 1998 年からであった。2001 年 H-IIA ロケットの初号機の

打ち上げに成功し、さあこれからと言う時期にロケット打ち上げの失敗が続き、SELENE もロケットの回復を待たなければならない時期もあった。2003 年には NASDA と ISAS の合併もあり、それまで NASDA と ISAS の共同プロジェクトと言っていたものを、JAXA のプロジェクトと言えるようになった。この共同プロジェクトを立ち上げる時には、NASDA と ISAS の両機関の文化の違いを克服するのは難しいという人も多くいたが、さいわい「SELENE」プロジェクトでは良い人材にめぐまれ、この文化の違いを克服できたのは幸いだった。

「かぐや」は素晴らしい観測結果を私たちにもたらしてくれた。これらは惑星科学者の宝の山である。世界中の科学者がこの宝の山に金塊を探しにくることだろう。私は日本の科学者が世界の科学者に負けないで、この宝の山から世界を驚かすような発見をすることを願っている。また「かぐや」によって惑星探査とはどのようなものであるか、身をもって知った日本の科学者がこれに続く月・惑星探査で活躍する日を心待ちにしている。「かぐや」チームは日本の科学技術の財産である。この財産が将来もっともっと大きな成果を上げることを期待してやまない。

(ニュートンプレス、JAXA 名誉教授)

「かぐや」ハイビジョン撮影の顛末記

白尾元理 Motomaro SHIRAO

日本の月周回衛星「かぐや」は 19 か月の観測を終え、6 月 11 日未明に月に衝突してその使命を終えた。「かぐや」は、当初予定されていた 12 か月の定常運用を無事終えただけでなく、さらには延長運用でも追加観測をおこなった。私が Co-I (共同研究者) として名を連ねたハイビジョンカメラと地形カメラは、十分な成果をあげることができ、ほっとしているところである。ところで、日本の月探査機で画像を撮影しようとしたのは、「かぐや」が初めてではなく、打ち上げられずに中止となった「LUNAR-A」が最初である。ここでは、その話から始めよう。

「LUNAR-A」の撮像カメラ

宇宙科学研究所 (ISAS) では 1980 年代の後半からペネトレーターを使った「LUNAR-A」計画が進められており、当初は 3 本のペネトレーターの搭載が予定されていた。ペイロードに少し余裕があるので小型の月撮像用カメラ (LIC: Lunar Imaging Camera) を載せることが検討されるようになった。当初「LUNAR-A」は 1995 年の打ち上げを目指していた。

1989 年頃の秋季火山学会の巡検の時だろうか、神戸大学 (当時) の藤井直之さんと雑談しているうちに惑星火山学の話題になり、私が惑星火山学に興味をもっていることを話すと、月撮像用のカメラの検討チームに加わらないかと誘われて、参加することになった。検討会議は 1~2 か月おきに相模原の宇宙研で開かれた。参加者は 10 人程度で、主要メンバーとして私の記憶に残っているのは、水谷仁、中村昭子、藤村彰夫、橋本樹明、本田理恵 (以上宇宙研)、山口靖 (地質調査所)、高田淑子 (東大)、小笠原雅弘 (NEC) の諸氏である (所属はいずれも当時)。

「LUNAR-A」はスピン安定型の月周回衛星で、スピン軸は慣性空間に対していつも同じ方向を指

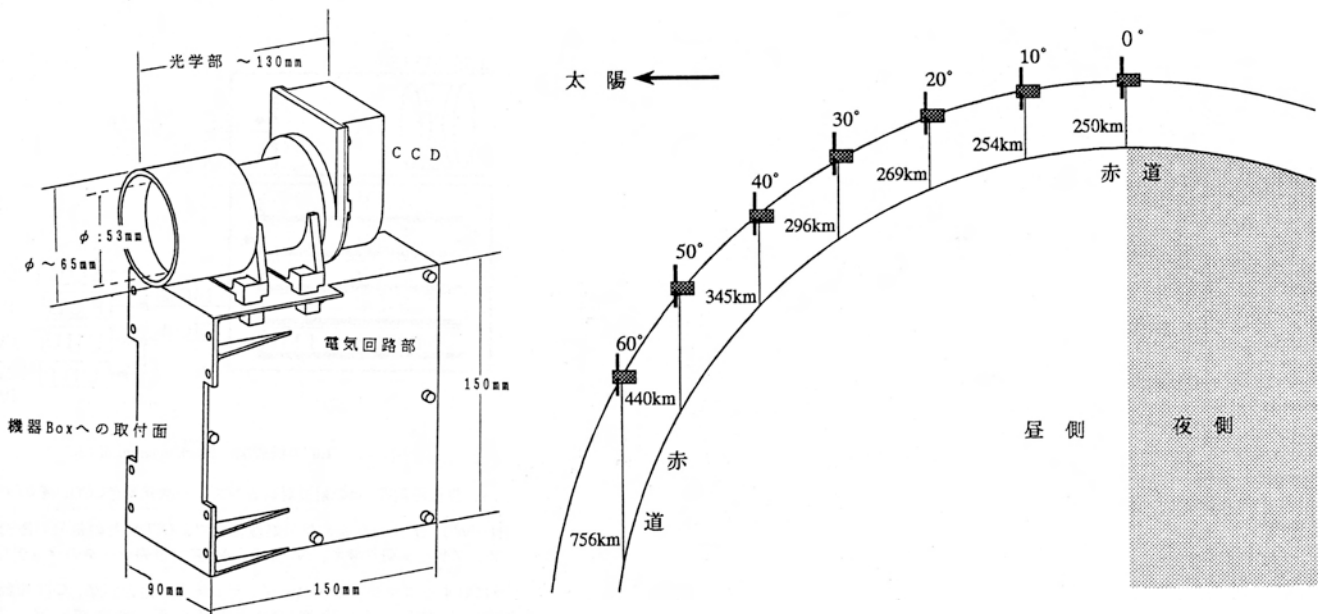


図1 LUNAR-Aの月撮像カメラLICと月軌道上のようす

すように設計されていた。カメラが月面を撮影できるチャンスは、スピン軸が月面に平行で、なおかつスピンによってカメラの取付面が月面を向いた時だけなのである。このような条件で月面を撮影するのは非常に難しく、LICではスピン軸に平行に配列した1次元CCDを使用し、衛星のスピンを利用して2次元画像を撮像する方式にした。有効画素数は1024×1024画素で、視野は5.8°四方、高度250kmの時の分解能は25mであった。「LUNAR-A」の軌道傾斜角は25°が予定されていたので、月面の緯度±25°以内しか撮像できない。しかし、予定されている運用期間は10か月と比較的長かったので、クレメンタインでは撮像できなかった赤道地域の地形を撮影できるのではないかと期待していた。

LUNAR-Aは、ペネトレーターや打ち上げに使われるM-Vでさまざまな問題が発生したが、LICのフライトモデルは1997年頃には完成していた。しかし2000年頃にLUNAR-A計画の実質的な中止が決定されたのは残念であった。

「かぐや (SELENE)」の地形カメラ

水谷氏の巻頭記事にもあるようにNASDAがH-IIロケットを使って大型月探査をしようと本格的に検討を始めたのは1990年代はじめのことである。月・惑星リモートセンシングミッション調査委員会という会合が数回開催された。参加者は20数名で、水谷仁、武田弘、藤井直之、柳沢正久の諸氏が委員として、私はオブザーバーとして参加した。

月周回衛星が本決まりとなって1995年11月にワーキンググループが発足し、1996年の年が明けると、地形カメラの検討でにわかに忙しくなった。地形カメラはLISM (Lunar Imager/SpectroMeter) と呼ばれる観測機器の一部として検討されたので、毎月のように開かれた検討会では松永恒雄、大嶽久、山口靖、佐々木晶、高田淑子、山路敦、春山純一の諸氏が活発に議論を重ねた。検討の結果は「月探査周回衛星計画提案書」(1996)に掲載されている。

この周回衛星(のちの「SELENE」、愛称「かぐや」)は3軸制御で常に月面を向いているので、地

形カメラの設計では、「LUNAR-A」の LIC よりもはるかに自由度が高かったが、一方では他の 10 以上の観測機器が同じ衛星に搭載されるので、機器同士の干渉などを考慮しなければならなかった。

地形カメラでは、その科学的意義を他の観測機器の開発者にも納得のできるように説明することが必要だった。観測目的とそれに必要な空間分解能などを決めるのも、惑星地質のプロが日本には皆無の状況だったので手探りの状態だった。地形カメラ全体の重さや大きさも見積もらねばならない。レンズやカメラ部分はなんとか見当をつけたが、電子部品やハウジングの重量などは皆目見当がつかない。はじめてのことだらけで大変だった。結局、アポロ以降の初めての本格的な探査ということで、地形カメラでは将来の探査の基礎づくりとなる仕様とした。その第一目標は、10 m 分解能のステレオカメラでグローバルマッピングすることである。

1996 年の後半になると地形カメラの本格な設計がはじまったが、この段階で私は地形カメラの開発から手を引くことにした。いくつかの理由があるが、その 1 つは父の死去である。実家の寺の仕事に多くの時間を当てなければならなくなった。また、このときには LUNAR-A のカメラ LIC にも関わっていたので、同時に両方のカメラに関わることは不可能だった。最後の大きな理由は、当初「SELENE」に搭載予定だった着陸船がキャンセルとなり、NHK のハイビジョンカメラ (HDTV) が搭載されるかもしれないといううわさが流れてきたことである。HDTV を搭載する第一目的は「月の地平線から昇る青い地球を撮影すること」だという話である。

このうわさには私は憤りを感じた。地形カメラでは、分解能、撮影目標、そのユニークさ、重量の軽減策、科学的な意味など、あれほどきちんと説明できることが要求されたのに、HDTV はそのような関門はまったくなしである。「月探査が一般の人々に興味をもってもらえる」宣伝手段として搭載することが、このワーキンググループとはまったく別のところで決まろうとしていたのである。「LUNAR-A」の打ち上げは何年も延期になっていたし、「SELENE」も 2002 年度の打ち上げが予定されているが、実際はいつになるかわからない。10 年近く“月カメラ”につきあっても何の成果もあげられなかったことに、むなしさも感じていた。

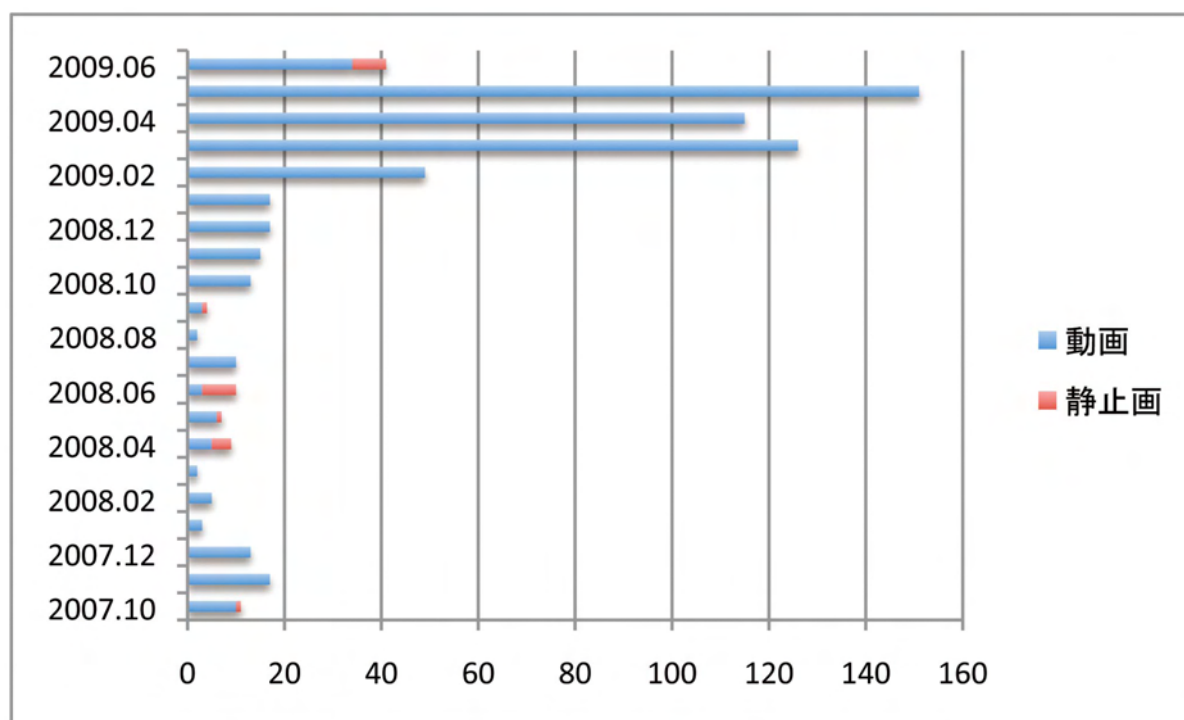
以上の理由から、私は「SELENE」計画からは離れることにした。地形カメラの主任研究者 (PI) は、若くて元気あふれる春山純一さんがやることになって、少し安心もした。

「かぐや (SELENE)」の HDTV チームに加わる

2001 年 12 月に「SELENE」に NHK の HDTV の搭載が正式決定した。2004 年 11 月、「HDTV の月面撮影について相談したい」ということで、地形カメラの PI の春山純一さん、HDTV の PI の NHK の山崎順一さん、明星電気 (当時) の太刀野順一さんが私の自宅を訪れた。すでに HDTV の諸元は決定済みで、広角と望遠 2 つの固定されたレンズがあり、それぞれ 220 万画素の 3 板式 CCD で記録されるということだった。画面の中で月面の占める割合は、望遠レンズでは 50%、広角レンズでは 60% (高度 100km 時) で、地球の出と入りの撮影に特化した仕様で、どちらかというと月面撮影向きではなかった。そのときはあまり意見の交換もなく、1 時間程度の初顔合わせだった。

2007 年 6 月、公募によって「SELENE」の愛称が「かぐや」ときまった。2007 年 7 月初旬になってすでに HDTV に協力している本田理恵さん (高知大) から、HDTV の月面の撮影地点の選定で協力してほしいとの電話があった。もともと私は「かぐや」に HDTV を搭載することは反対だったの

表1 HDTV の月別撮影本数（月面のみ）



で、断るのが筋ではないかとだいぶ悩んだ。しかし、すでに HDTV は完成して「SELENE」に搭載されている、探査機で月の地形を撮影するのは私の長年の夢だったはずである、何らかの形で「かぐや」にかかわりたい……。結局、協力することにした。とりあえずは2007年11月、12月に撮影できそうな場所50か所を選んだリストをNHKの山崎順一さんと本田理恵さんに送った。

10月16日、最初のHDTVの撮影打ち合わせで渋谷のNHK放送センターを訪れた。この時の参加者は、PIの山崎順一さん、サブPIの三橋政次さん、本田理恵さん、太刀野順一さん、そして私である。以後、毎月1回6時間程度をかけて打ち合わせをおこなった。地球の出と入りについては本田さんの提案を、月の地形については私の提案を、皆で議論して決めることが多かった。撮影の計画には、本田理恵さんが作ったHDTV撮影ツールが大いに役だった。このソフトは、カメラの種類（広角・望遠）と日時分秒、撮影時間の長さ（1分、2分、4分、8分）を入力すると撮影範囲が図示されるものである。「かぐや」HDTVでは、フルハイビジョン規格の縦1080画素×横1920画素、毎秒30コマで1分間撮影した合計1800コマの画像を1GBのメモリーに記録する。毎秒の撮影コマ数を1/2、1/4、1/8に落とすと2分、4分、8分間撮影できる。「かぐや」は1分間で約90km進むので、2分（2倍モード）では約180km、4分（4倍モード）では約360km、8分（8倍モード）では約720kmの長さを撮影できることになる。

11月は赤道付近では太陽高度が約50°と高いので、地形はのっぺりとししか撮影できない。そこで中高緯度を撮影することにした。11月は南北極、ポシドニウス、オリエンタレベイゼンなど合計20か所を撮影した。HDTV画像は横1920画素×縦1080画素あるので、実際のハイビジョンのモニターで見ると思っていた以上の迫力があつた。最初に等倍、2倍、4倍、8倍モードと試したところ、8倍モードが撮影距離も長く、1分間で再生してもそれほど目まぐるしくないのが、以降は月面を広

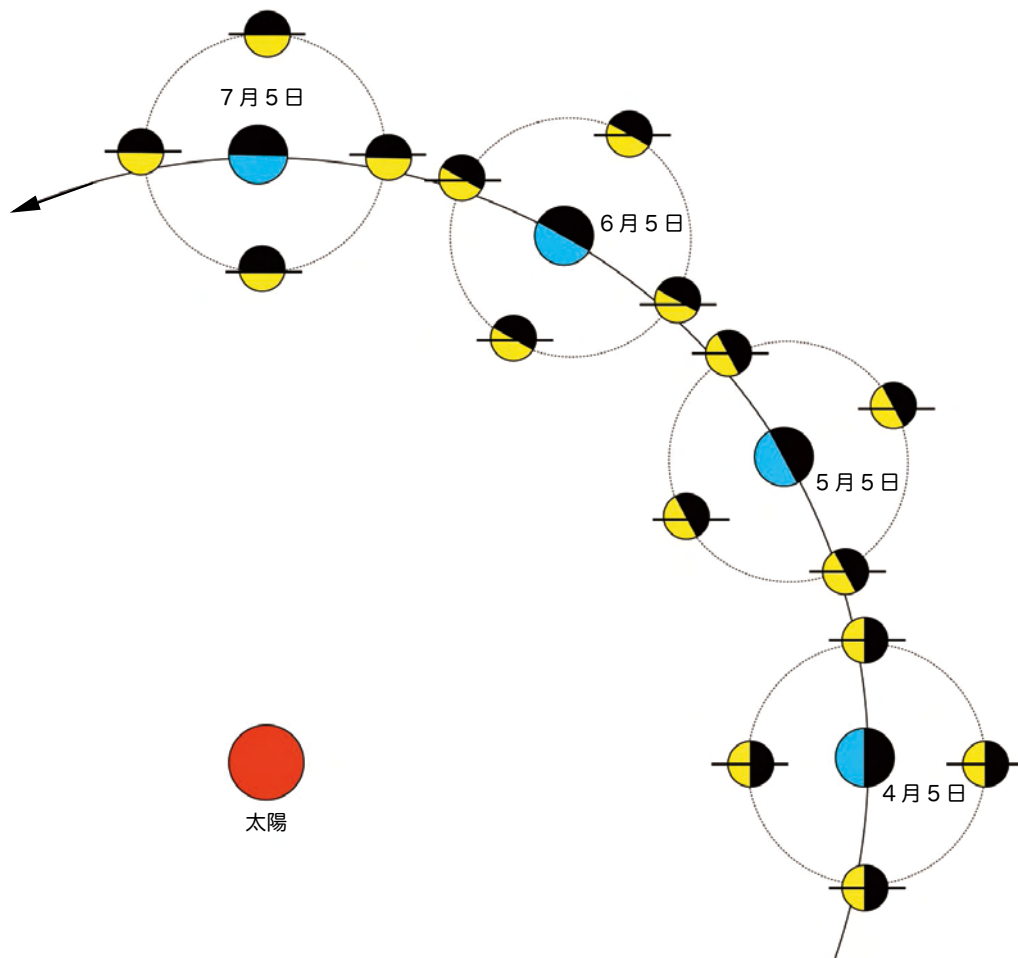


図 2 時期による日照条件の違い

角カメラで撮影する場合にはほとんどを 8 倍モードで撮影することにした。

2007 年 12 月 20 日までは初期運用期間で、他の観測機器による本格的な観測は始まっていない。このため、HDTV が撮影した画像をダウンリンクする時間は数日に 1 本程度と多かった。しかし 12 月 21 日以降は定常運用に入り、HDTV で撮影できる時間はぐっと減ってしまった。

HDTV で月の地形を撮る

ここで月の地形の撮影法について説明しよう。月の地形で最も傾斜の大きいのは、新鮮なクレーターの内壁斜面と中央丘でその傾斜は約 30° である。したがって太陽高度が 30° 以上になると影がほとんどなくなり、地形はのっぺりしてしまう。このことから太陽高度が 30° 以下の時が月の地形の撮影好機になる。

ところで「かぐや」の軌道面は慣性空間に対してほぼ一定なので、27 日後に同一経度の赤道上に戻ってきた時には、太陽高度は約 30° ずつ変化する。赤道で太陽高度が 0° になるのは毎年 1 月 5 日と 7 月 5 日頃になる。赤道部で太陽高度が 30° 以下になるのは、1 年を通して 12 月～1 月、6 月～7 月の 4 か月しかない。

それ以外の期間中は中緯度や高緯度を撮影するが、「かぐや」のカメラは真下ではなく、広角レンズと望遠レンズが前方と後方のやや下向きに取り付けられていることも考慮しなければならない。

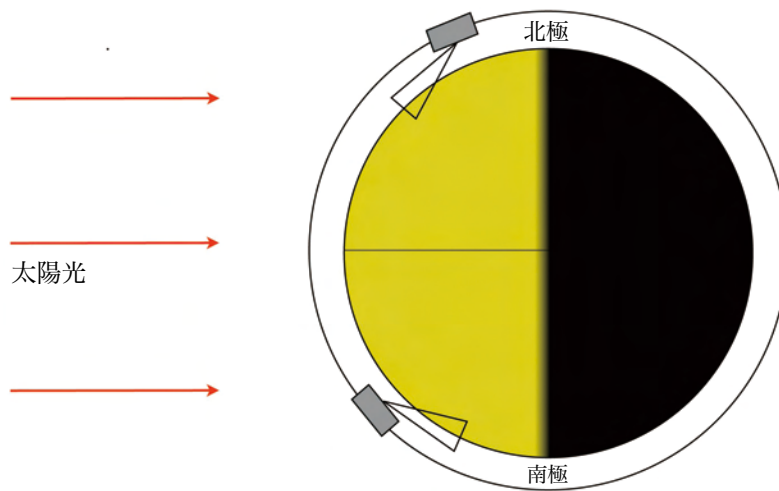


図3 同一緯度での北半球と南半球での日照条件の違い

同じ緯度を撮影でも、北半球と南半球では条件が異なるからである。図3では北半球では太陽光が前側から当たる逆光、南半球では太陽光が後方から当たる順行である。逆光の時にはクレーターの南側内壁の影が長く見えてメリハリがあるが、順行の時には影がほとんどできずにのっぺりした画像になってしまう。

以上のことから高緯度を撮影できる時期は長く、低緯度を撮影できる時期は短いということがわかる。いっぽう月面の面積は高緯度に比べて低緯度の方がはるかに広い。低緯度をどこまで撮れるかが腕の見せ所であったが、2007年の12月21日以降の低緯度の撮影条件の良い時期にわずかしか撮影できなかったのは残念であった。以降2008年9月までは1か月に1分動画4本程度しか撮影できない状態が続いた。

「ワイドビュー」画像

HDTV 広角カメラで撮影した月画像は、100 m程度の分解能をもち、かつ広い視野をもつ。真下方向に撮影した一般の月画像と比べると、HDTV 広角画像は月の地平線が画面の中に入っているので、一般の人々にもわかりやすい。しかし、広角カメラの画像を動画から切り出して印刷物などに使用しようとする、HDTV の 16:9 という横長画像の中で、さらに月の占める割合が下側の 60% という非常に細長い画像であることが大きな欠点であった。

私はこの欠点をカバーするために、月の地平線を生かしたまま、動画からキャプチャーした画像の下部を切り取って次々と重ね合わせる方法を試してみた。最初に背景となる月の地平線の写った画像を選び出す。次にその数秒前に撮影した画像から重複していない部分のみを選び出す。選り出した部分を、背景画像の下端の画像に接合する。接合する画像上端は、背景画像の画像下端よりも小さく写っているので、合うように拡大する。縦横比を同倍率に拡大・接合するとパースペクティブが狂ってくるので、縦方向の拡大率を調整して接合する。これをいくつかの画像でくりかえすと広い範囲をカバーした画像ができあがる。この方法で作った画像を、「ワイドビュー」画像と呼ぶことにした。

「かぐや」HDTV の広角レンズは 35mm判換算すると焦点距離 40mm程度で、「ワイドビュー」画像

では焦点距離 28mm 程度の画角となる。しかし本当の 28mm 広角レンズで撮影すれば、クレーターの手前の内壁がよく見えるはずであるが、「ワイドビュー」画像では見ることはできない。このような欠点があるものの、「ワイドビュー」画像は HDTV の横長の静止画像にくらべると情報量が格段に多く、月の地形の特徴を理解するのに大いに役立つ。「ワイドビュー」画像は、一般の人々にも好評で、『Newton』2009 年 7 月号や『星ナビ』2008 年 4 月号～2009 年 8 月号にも掲載された。

「かぐや」HDTV の寿命は？

ところで、「かぐや」HDTV カメラは、NHK が民生の、つまり一般に市販されている部品を利用して製作したものである。他の観測機器の場合には宇宙仕様といって、宇宙の過酷な環境でも作動するように最初から設計製作された部品で構成されることが多い。HDTV カメラの部品はテストされているとはいえ、宇宙仕様でない HDTV カメラはいつ壊れても不思議はないのである。

壊れる前に撮るべき地形は撮っておこうということで、再び撮影好機を迎えた 2008 年 6 月には作戦を立てた。6 月には、動画では 2 本しかとれない。しかし HDTV の 1 分動画は 1800 コマもあるので、この 1800 コマを動画でなく、静止画として撮影する方法である。

残念ながら HDTV では 1 コマ撮りはできずに最低でも 5 コマは連続して撮らなければならない。適当な間隔（8 倍モードの時には 10 秒程度）で撮影した 10 セットがあれば、「ワイドビュー」画像ができる。これには $5 \text{ コマ} \times 10 = 50 \text{ コマ}$ しか使わずに済む。6 月には 1 分動画の撮影時間の一部を削って、合計 7 か所の低緯度の地形（コーシー谷、ピッパルス谷、ガッセンディなど）を撮影した。もう少し多く静止画を撮影したかったが、この方法では「かぐや」送るコマンド数が増えること、コマンドを作るための作業量が増えること、動画の撮影時間が短くなるなどの欠点も考慮しなければならなかった。

2009 年正月の悪夢

「かぐや」は 2008 年 10 月 31 日に定常運用が完了、翌日から後期運用になった。9 月におきた月レーダサウンダー (LRS) の故障などのために、11 月からは HDTV のダウンリンクに割当てられる時間が増加し、毎月 20 本程度の動画が撮影できるようになった。

いよいよ 12 月には太陽高度も低くなり、低緯度の撮影を進めている最中の 12 月 26 日に“事件”は起こった。「かぐや」には姿勢を維持するのに 4 つのリアクションホイール (RW) が使われていた。そのうちの 1 つ (RW#1) は 2008 年 7 月 23 日に故障して、3 つの RW で姿勢制御していた。このうちの 1 つ (RW#3) の摩擦トルクが増大して、姿勢制御がうまくできなくなったのである。具体的には「かぐや」が上下方向に頭を振るような形となった。このために HDTV の視野内に月面がほとんど入らない事態が頻発するようになった。12 月 27 日から翌 1 月 15 日まで「かぐや」は表側の低緯度を太陽高度 10° 以下という最高の条件で撮影していた。ところが 1 月初旬に宇宙研からメールで送られてくる運用日報の HDTV キャプチャー画像はまっ黒い画面の連続で、何が起きているかわからず、不安な日々を過ごすしかなかった。低太陽高度でしか撮影できない海のドームなどを狙っていただけに、結局撮影できずにがっかりした。

1 月 20 日頃以降は、あまり調子のよくない RW#3 をスラスタ制御で補いながら、姿勢を制御

できるようになった。2月1日からは高度 $50 \pm 20 \text{ km}$ の低高度軌道での運用となった。これは低高度で月磁場観測装置 (LMAG) の観測精度を高めるためである。低高度では HDTV では見通しが悪くなる半面、画面に占める月面の割合が多くなり、見応えある画像となる。山などの高さも実感できるようになる。

2月20日からはダウンリンク時間の割当が増え、毎日4本撮影できるようになった。もっともこの頃から5月10日頃までは赤道部は太陽高度が高くて撮影できない。いっぽう高緯度の主な地形はほぼ撮影している。さて何を撮ろうかと議論して、結局は高緯度のグローバルマッピングを行うことにした。HDTV の広角カメラで $46^\circ \text{N} \sim 70^\circ \text{N}$ を毎日3本撮影すれば、隣接軌道間に隙間ができない。また $70^\circ \text{N} \sim 84^\circ \text{N}$ では毎日1本撮影すれば隣接軌道間に隙間ができない。このように毎日4本ずつ撮影し、3月は北半球 46°N 以北の、4月中旬まで南半球の 46°S 以南のグローバルマッピングを行った。

最後の撮影

4月下旬には「6月10日頃の制御落下」が本決りとなり、残り2か月になった。高緯度はグローバルマッピングができたとはいっても、太陽高度などの条件からみると不満足な地域も残っていた。またカメラの北向き、南向きによっても視点は違うし、高度が 100 km から 50 km に下がったことでも、視点が違ってくる。このようなことを考慮して中・高緯度重視の撮影計画を立てた。

5月13日からはいよいよ最後の1か月である。5月13日、「かぐや」はオリエンタレベイズンの中央上空を通過したが、この日の赤道通過時の太陽高度は 50° とまだ高い。しかしこれが最後のチャンスなので、中・低緯度の地形を重点的に毎日4本ペースで撮影した。

5月24日、いよいよ最後の表側である。赤道通過時の太陽高度は 37° 、ようやくほどよい撮影条件になってきた。いままで撮れなかった危機の海、晴れの海、アリアデウス谷を撮影する。6月4日、コペルニクスの上空通過、ようやく太陽高度は 30° を切り、中・低緯度が最高の撮影条件になる。ケプラー、ガッセンディ、プリンツ、ドッペルマイヤー谷など撮り残していた地形を順調に撮影する。

6月11日早朝はいよいよ「かぐや」最後の日である。午前1時6分から1分間、望遠カメラで最後の動画を撮影。最後のショットは3時11分から3時18分まで1分間隔で撮影した静止画で、それぞれの撮影後すぐに送ってくる方法で撮影した。静止画で撮影したのは、動画だとダウンリングが間に合わないためである。「かぐや」が最後に見たのは3時17分、 89°S にあるピークを照らす残照だった。「かぐや」はその9分後、月表側の南東縁 (65.5°S 、 80.4°E) の夜の部分に制御落下した。

おわりに

「かぐや」に搭載された NHK の HDTV の撮影に協力してちょうど丸2年が経った。本文に書いた通り、私はしばらくの間「かぐや」から遠ざかっていたために「かぐや」の本体を1回も見ることができなかったのは、今にして思うと残念である。「かぐや」に直接関わった人だけでも数百人にもなるが、それぞれの人が私と同様に、「かぐや」との物語をもったことだろう。「かぐや」を支えてくれた多くの人に感謝！

アメリカはふたたび月を目指す ― LRO/LCROSS、打ち上げ―

寺 蘭 淳也 Junya TERAZONO

2009 年 6 月 19 日早朝（日本時間）、アメリカ・フロリダ州のケープカナベラル空軍基地から、ルーナー・リコナイスランス・オービター（LRO）とエルクロス（LCROSS）^{注1}が打ち上げられた。アメリカが打ち上げる月探査機としては 11 年ぶり、これだけ大きな月探査機は実にアポロ以来 40 年ぶりといってよい。まさに、アメリカはふたたび月を目指す、という意気込みが伝わってくる。LRO は、アメリカが 2004 年に発表した新宇宙計画（VSE: Vision for Space Exploration）に基づき、有人月探査に向けた活動を開始して以来、はじめての具体的「行動」である。2006 年に LCROSS が追加されて、いまの陣容となっている。

LRO は大きさ約 1 トンで、探査機としては中規模といえる。ポイントはその軌道である。高度 50km という超低高度の軌道を飛ぶ予定で、これは「かぐや」（100km）などに比べても低い。

装備している科学測定装置は 6 種類だが、注目は LRO カメラ（LROC）である。LROC は広角・狭角の 2 つのカメラを装備し、低高度も相まって、狭角カメラでは最大 50cm の超高解像度を誇る。広角カメラで全体を撮り、その中から有人基地に適すると思われる場所を狭角カメラで集中的に撮影するという探査シナリオになるであろう。変わったところとして、月の放射線環境を知るための測定装置も搭載されている。この中には人体組織を模したプラスチック片が入っており、人体への放射線の影響を模擬することを狙っている。

一方、LCROSS は、探査機そのものは 600kg 弱である。しかし LCROSS の後ろに、打ち上げに使われたアトラス V ロケットの第 2 段がついたままになっている。月に衝突する際には、この第 2 段が切り離されてまず衝突、LCROSS のカメラでこの衝突を観測し、その 4 分後に LCROSS 自身も衝突する。

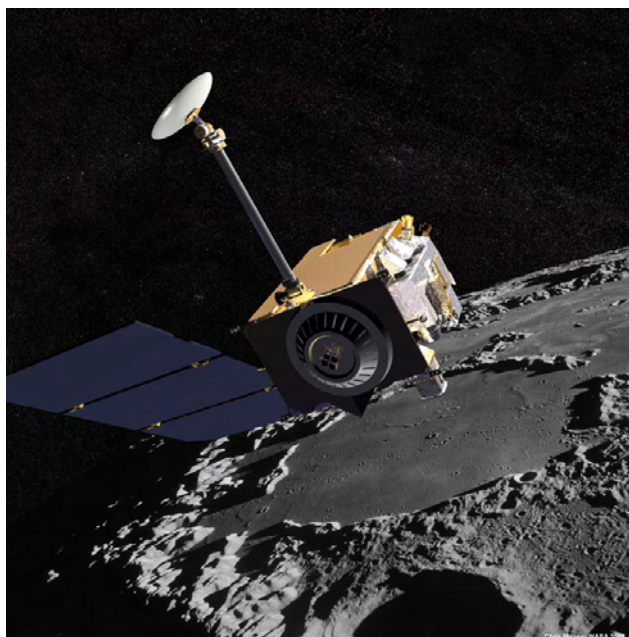
これらの衝突の様子は、地上からも望遠鏡などで観測される。舞い上がるちりのスペクトルから、水の氷の存在が検出できると期待されている。衝突は 10 月初め頃の予定。衝突地点は今後の LRO の観測で確定されるが、月の南極付近、永久影をもつクレーターが考えられている。

LRO/LCROSS 搭載装置はいずれもその目標が「月面基地構築のための最適な場所の調査」、「将来人類が進出した際の月環境の調査」、「水（氷）の有無の探査」となっており、明確に将来の有人探査を見据えているところが大きな特徴で、これまでの「かぐや」、「チャンドラヤーン 1」などのように科学を前面に押し出した探査とは異なる。

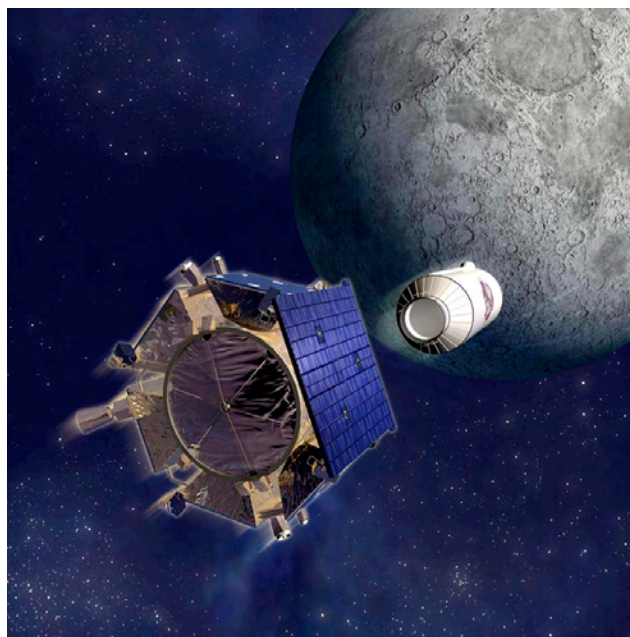
LRO/LCROSS は現在探査準備中で、9 月頃には本格的に探査を開始する予定である。基本探査期間は 1 年、最大で 3 年の探査が計画されている。人類の月への新たなチャレンジにつながる試みで、科学的にも興味深いデータが得られるであろう。

一方、このデータが将来の有人月探査へどうつながるのかは、オバマ政権が宇宙開発にどのような方針を打ち出すのかがいまだ明確になっていないのでやや心配である。このあたりも、LRO/LCROSS の打ち上げがきっかけとなり、議論が進んで欲しいと著者は思っている。

なお LRO/LCROSS の詳細は、以下のウェブ資料をお読みいただきたい。またマイクロブログ Twitter での情報配信も迅速なので、こちらもぜひチェックしてはいかがであろうか。（会津大学）



月上空を周回する LRO の想像図 (NASA)



母衛星とロケット 2 段目から離れ、月への衝突へと向かう LCROSS の想像図 (NASA)

注 1 : LRO の日本語表記は、メディア等では原語発音に近い「ルナー・リコネサンス・オービター」という表記が一般的である。しかし本文書中では、これまで著者が一般的に使っており、ネット内での情報量も多い「リコナイスランス」を使用した。

参考資料

- LRO サイト : <http://www.nasa.gov/lro> ● LCROSS サイト : <http://www.nasa.gov/lcross>
- ルナー・リコナイスランス・オービター／エルクロス (月探査情報ステーション) : <http://moon.jaxa.jp/ja/topics/LRO/>
(ミッション開始時点で <http://moon.jaxa.jp/ja/history/LRO/> に変更予定)

CAIST/ARC-Space 始動 !

クラスターリーダー 出村裕英

2009 年 4 月 1 日に、月惑星データを解析する拠点のひとつが立ち上がりました。福島県の公立大学法人会津大学、その先端情報科学研究センター (CAIST: research Center for Advanced Information Science and Technology) が発足し、その研究クラスタのひとつとして ARC-Space (Aizu Research Cluster for Space Science) が設置されました。

(CAIST 開設を発表) http://www.u-aizu.ac.jp/official/news/news171_j.html

とにかく長い名称なので、標題のように略して使われることが普通です。センター長には角山会津大学長、研究と運営の両面を司る副センター長にはミレンコフ副学長と元日本 IBM の岩瀬理事が就きました。CAIST アドバイザリーボードの月惑星探査関係者は、会津大浅田教授のほかに、「ひてん」・「はやぶさ」の上杉 JAXA 名誉教授、ちょうど 1 年前に刊行された『最新・月の科学』編著の国立天文台渡部潤一先生らが招かれています。ARC-Space クラスタ長は会津大の出村が務め、アフィリエイトメンバーとして御支援・御協力いただく学内の先生方が 7～8 名、工学系を中心にして組織されました。

元々会津大学には「はやぶさ」・「かぐや」に関わる研究者が何人かいて、これまでも理学・工学に

またがる実績を挙げてきました。その例は下記のサイトで見ることができます。

http://www.u-aizu.ac.jp/official/news/news27_j.html (会津大学の研究成果、「サイエンス」に掲載)

http://www.u-aizu.ac.jp/official/news/news176_j.html (会津大学教員らの研究成果をもとに小惑星イトカワの地名が決定)

さらに深宇宙探査ミッションに参画していた PD 3 名を新たに准教授として招聘し、兼任 3 名、専任 3 名の合計 6 名で発足しました。構成は、兼任が出村裕英・平田成・寺蘭淳也、専任が小川佳子・本田親寿・北里宏平です。当面の目標は「はやぶさ」・「かぐや」の地質解析実績を挙げつつ GIS 環境を構築すること、今後の深宇宙探査ミッション、金星・小天体・月・火星に CoI ないし PI として参画することです。将来は、米国地質調査所情報地質学チームのような機能を果たしつつ、周回機・着陸機の光学機器開発拠点のひとつとして成長していきたいと考えています。

4 月 3 日の ARC-Space キックオフミーティングでは、お招きした国立天文台佐々木晶 RISE 推進室長、大竹真紀子 JAXA かぐや LISM/MI-PI を交えて、そうした将来について活発な意見が交換されました。まだ、よちよち歩きの段階ですが、おそらく日本で最初にできた月惑星地質学とその関連研究を目標に掲げた組織ですので、今後ともどうぞよろしくお願いします。



CAIST 開所式 (http://www.u-aizu.ac.jp/official/news/news187_j.html)

編集後記: かぐやが月に還り、惑星地質関係者の悲願だった大型月探査は 1 つの区切りを迎えました。本号では、SELENE の経緯、NHK ハイビジョンの顛末、そして入れ替わりに月へ旅立った米国月探査機 LRO/LCROSS について取りあげられ、月探査の過去と未来を概観する構成となりました。自前のデータ解析を目標のひとつに掲げ、月惑星地質学・深宇宙探査に貢献すべく ARC-Space が誕生したことも感慨深いです。

(D)