

# 月周回衛星「かぐや」

SELENE : SELEnological and ENgineering Explorer "KAGUYA"



2007年9月14日、日本初の大型月探査機がH-IIAロケットによって打ち上げられました。この探査機は「かぐや (SELENE:SELEnological and ENgineering Explorer)」と呼ばれ、アポロ計画以来最大規模の本格的な月の探査計画として、各国からも注目されています。

これまでの探査計画でも月に関する多くの知識が得られましたが、月の起源・進化に関しては、依然として多くの謎が残されています。「かぐや」は搭載された観測機器で、月表面の元素分布、鉱物組成、地形、表面付近の地下構造、磁気異常、重力場の観測を全域にわたって行います。これらの観測によって、月の起源・進化の謎を総合的に解明できると期待されています。また、プラズマ、電磁場、高エネルギー粒子など月周辺環境の計測も行います。これらの計測データは、科学的に高い価値を持つと同時に、将来月の利用の可能性を調査するためにも重要な情報となります。

Japan's first large lunar explorer was launched by the H-IIA rocket on September 14, 2007 (JST). This explorer named "KAGUYA (SELENE: SELEnological and ENgineering Explorer)" has been keenly anticipated by many countries as it represents the largest lunar exploration project since the Apollo program.

The lunar missions that have been conducted so far have gathered a large amount of information on the Moon, but the mystery surrounding its origin and evolution remains unsolved. KAGUYA will investigate the entire moon in order to obtain information on its elemental and mineralogical distribution, its geography, its surface and subsurface structure, the remnants of its magnetic field and its gravity field using the observation equipment installed. The results are expected to lead to a better overall understanding of the Moon's origin and evolution. Further, the environment around the Moon including plasma, the electromagnetic field and high-energy particles will also be observed. The data obtained in this way will be of great scientific value and also be important information in exploring the possibility of utilizing the Moon in the future.

# アポロ計画以来の本格的な月プロジェクト

## Most Sophisticated Lunar Exploration Mission in the Post-Apollo Era

### 月への道のり

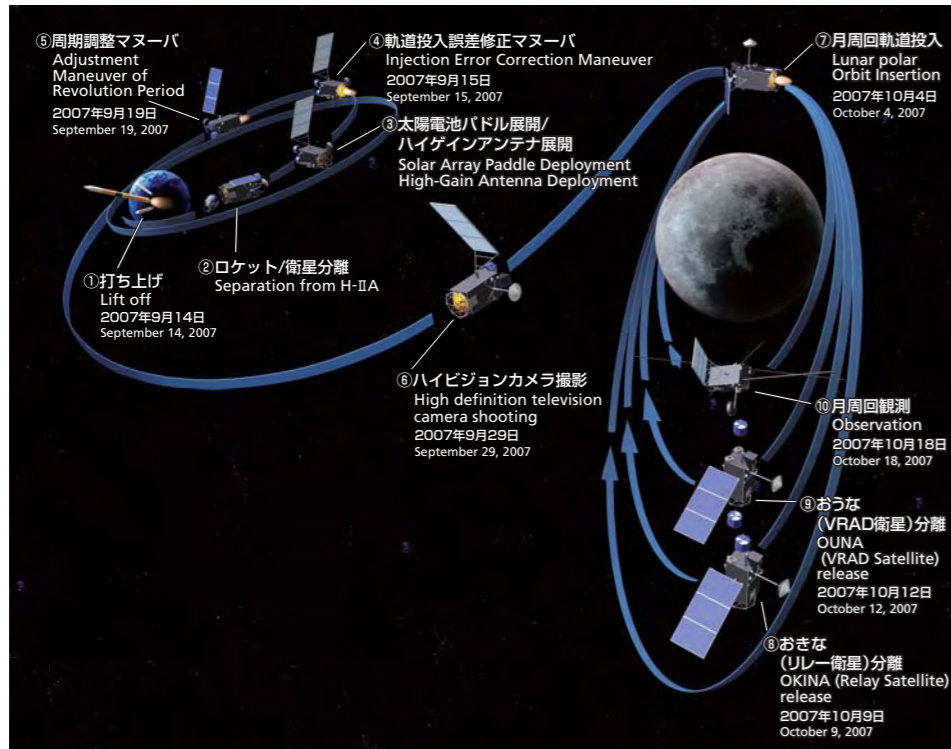
「かぐや」は、主衛星と2機の子衛星「おきな」(リレー衛星)、「おうな」(VRAD衛星)で構成されます。2007年9月14日の打ち上げ後(①、②)、その日のうちに太陽電池パドルとハイゲインアンテナを展開し(③)、翌15日に打ち上げ軌道の誤差修正のための軌道制御を実施(④)、19日には月との会合条件を合わせる周期調整を行い(⑤)、地球をさらに大きく1周半した後、月と会合する軌道へ入りました。

9月29日には、地球から11万km離れた場所からハイビジョンカメラにより撮影した地球の動画像を取得(⑥)。10月4日には、遠月点高度11,741kmの月周回軌道への投入に成功しました。徐々に高度を下げながら、10月9日に遠月点高度2,400kmの軌道で「おきな」を分離(⑧)、続いて10月12日に遠月点高度800kmの軌道で「おうな」を分離(⑨)の後、10月18日に計画どおりの高度約100kmの極軌道へ入りました(⑩)。

### The Way To The Moon

KAGUYA consists of the Main Orbiter and two subsatellites; "OKINA" (Relay Satellite) and "OUNA" (VRAD Satellite). Launched on September 14, 2007 (①, ②), its solar array paddle and high-gain antenna were deployed (③) on the same day. Orbital control to correct an injection error (④) was conducted on September 15. An adjustment maneuver during the revolution period to accommodate the lunar orbit injection conditions (⑤) was performed on September 19. Then KAGUYA entered the lunar orbit after another one and a half times orbiting around the Earth.

On September 29, KAGUYA obtained a moving image of the Earth taken with a high definition television camera from a point 110,000km away from the Earth (⑥). On October 4, KAGUYA successfully entered into lunar orbit with an apolune altitude of 11,741km. "OKINA" was separated on the orbit at an apolune altitude of 2,400km while lowering its altitude gradually (⑧) on October 9, "OUNA" was separated on the orbit at an apolune altitude of 800km (⑨) on October 12. The main orbiter of KAGUYA entered into the lunar polar orbit at an altitude of 100km on October 18 as scheduled (⑩).



### 観測ミッション

「かぐや」は、月で15種類の観測ミッションを実施しています。

### Observation

KAGUYA has 15 mission observations.

観測項目 Mission Group	観測機器 Mission Instruments	観測内容 Mission Overview
元素分布 Elemental distribution	① 蛍光X線分光計 X-ray Spectrometer (XRS)	太陽からのX線を受けて月面から放射される二次X線を観測し、月表面の元素(Al, Si, Mg, Fe等)の分布を調べる。 The surface elemental composition (Al, Si, Mg, Fe, etc.) is determined through X-ray fluorescence spectrometry by irradiation of solar X-rays.
	② ガンマ線分光計 Gamma-ray Spectrometer (GRS)	月面から放射されるγ線を観測し、月表面の元素(U, Th, K, H等)の分布を調べる。 The abundance of key elements (U, Th, K, H, etc.) is determined by measuring energy spectra of gamma-rays from the lunar surface with high energy resolution.
鉱物分布 Mineral distribution	③ マルチバンドイメージャ Multiband Imager (MI)	月面からの可視近赤外光を9つの波長バンドで観測し、鉱物分布を調べる。 The mineral distribution is obtained by taking the visible and near infrared images of the Moon's surface in nine wavelength bands.
	④ スペクトルプロファイラ Spectral Profiler (SP)	月面からの可視近赤外光における連続スペクトルを観測し、月表面の鉱物組成を精度良く調べる。 The mineral composition of the Moon's surface is obtained by measuring the continuous visible and near infrared spectrum.
地形・表層構造 Surface and subsurface structure	⑤ 地形カメラ Terrain Camera (TC)	高分解能(10m)カメラ2台のステレオ撮像により、地形データを取得する。 High-resolution geographical features are acquired by the stereo cameras.
	⑥ 月レーダサウンダー Lunar Radar Sounder (LRS)	月面に電波を放射し、その反射により月の表層構造(地下数km程度まで)を調べる。 The subsurface stratification and tectonic features in the shallow part of the lunar crust (a few km) by high-power RF pulses.
	⑦ レーザ高度計 Laser Altimeter (LALT)	月面にレーザ光を放射し、その反射時間(往復時間)から、高度を精密に測定する。 To make the lunar topography model, the altitude is precisely measured using high-power laser pulses.
環境 Environment	⑧ 月磁場観測装置 Lunar Magnetometer (LMAG)	月周辺の磁気分布を計測し、月面の磁気異常を調べる。 The magnetization structure on the Moon is acquired by measuring the lunar and the surrounding magnetic field.
	⑨ 粒子線計測器 Charged Particle Spectrometer (CPS)	月周辺における、宇宙線や宇宙放射線粒子、および月面のラドンから放射されるα線を観測する。 Alpha rays from the Moon's surface and the abundance of cosmic ray particles are measured.
	⑩ プラズマ観測装置 Plasma energy Angle and Composition Experiment (PACE)	月周辺における、太陽風等に起因する電子およびイオンの分布を測定する。 The three dimensional distribution of the low-energy electrons and mass-discriminated low-energy ions around the Moon are measured.
月の重力分布 Gravitational field distribution	⑪ 電波科学 Radio Science (RS)	「おうな」(VRAD衛星)から送信される電波の位相変化を測定し、希薄な月電離層を観測する。 The Moon's ionosphere is detected by measuring the small deviation in the phase of RF signals from "OUNA" (VRAD Satellite).
	⑫ プラズマイメージャ Upper atmosphere and Plasma Imager (UPI)	月軌道から、地球の磁気圏およびプラズマ圏を画像として観測する。 Images of the magnetosphere and the ionosphere around the Earth are taken from the Moon to study the behavior of the plasma.
	⑬ おきな(リレー衛星)中継器 Four-way Doppler measurements by "OKINA" (Relay Satellite) and main orbiter transponder (RSAT)	月裏側を飛行中の主衛星の電波を「おきな」(リレー衛星)で中継する。これを地球局でドップラ計測し、主衛星の軌道の擾乱を観測することによって、月裏側の重力場データを取得する。 Signals from the Main Orbiter in flight on the farside of the Moon are relayed by "OKINA" (Relay Satellite), and the local gravity field data from the farside of the Moon is obtained by measuring the disturbance in the orbit of the Main Orbiter using four-way Doppler measurements.
⑭ 衛星電波源 Differential VLBI Radio Source (VRAD)	「おきな」(リレー衛星)および「おうな」(VRAD衛星)に搭載するS、X帯電波源を対象に、地球局による相対VLBI観測を行い、各衛星の軌道を精密に計測する。これにより月重力場を精密に観測する。(VLBI: 超長基線電波干渉計)	
⑮ 衛星電波源 Differential VLBI Radio Source (VRAD)	「おきな」(リレー衛星)および「おうな」(VRAD衛星)に搭載するS、X帯電波源を対象に、地球局による相対VLBI観測を行い、各衛星の軌道を精密に計測する。これにより月重力場を精密に観測する。(VLBI: 超長基線電波干渉計)	
精細画像 High definition Image	⑮ 高精細映像取得システム High Definition Television (HDTV)	地球および月のハイビジョン撮影を行う。 Taking pictures and movies of the Earth and the Moon with high-definition television cameras.

### 主要諸元

### Main Characteristics

主衛星 Main Orbiter	質量 / Mass	約3.0トン (打ち上げ時) / 3.0 tons (At launch, including two subsatellites)
	最大発生電力 / Max Power	3.5kW
	構体サイズ / Size	2.1m×2.1m×4.8m
	姿勢制御 / Attitude control	3軸安定 / Three-axis stabilized
観測軌道 / Orbit	観測軌道 / Orbit	高度100km 軌道傾斜角90度の円軌道 Circular orbit, Inclination: 90 degrees, Altitude: 100km
	観測期間 / Mission period	1年 (月周回軌道) / 1 year at mission orbit
「おきな」 (リレー衛星) "OKINA" (Relay Satellite) (Rstar)	質量 / Mass	50kg
	構体サイズ / Size	1.0m×1.0m×0.65m
	姿勢保持 / Attitude stabilization	スピン安定 / Spin-stabilized
	投入時軌道 / Initial Orbit	高度100km×2,400kmの楕円軌道 / Elliptical orbit, Altitude: 100km×2,400km
「おうな」 (VRAD衛星) "OUNA" (VRAD Satellite) (Vstar)	質量 / Mass	50kg
	構体サイズ / Size	1.0m×1.0m×0.65m
	姿勢保持 / Attitude stabilization	スピン安定 / Spin-stabilized
	投入時軌道 / Initial Orbit	高度100km×800kmの楕円軌道 / Elliptical orbit, Altitude: 100km×800km

上図⑥「かぐや」のハイビジョンカメラが撮影した地球 (2007年9月29日 / September 29, 2007)

Above ⑥: The Earth shot from the high definition television camera of "KAGUYA"



ハイビジョンカメラが撮影した月の南極と「地球の入り」のスナップショット (2007年11月7日 / November 7, 2007)

Snapshot of "Earth set" movie over lunar south pole from "KAGUYA" by HDTV



ハイビジョンカメラが撮影した「地球の出」 (2007年11月11日 / November 11, 2007)

Snapshot of "Earth rise" movie over lunar north pole from "KAGUYA" by HDTV



## 観測データ

## Observational Data

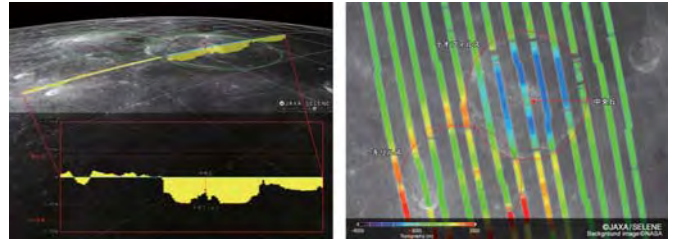
### 地形カメラ Terrain Camera



地形カメラがとらえた月の裏側にあるナガオカクレータ。左は、地形カメラ画像をもとに3次元情報を取り入れて真上から見た画像に直したもの。右は、斜めから見た画像に直したもの。

An ortho-image (left) and a perspective view (right) of Nagaoka crater on the farside of the Moon produced from Terrain Camera.

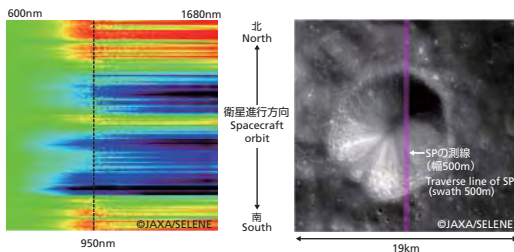
### レーザ高度計 Laser Altimeter



レーザ高度計が観測したテオフィルスクレータ。クレータ内部の平坦さや中央丘の複雑な構造、クレータ外部の高度が南側と北側で違うことなどがわかる。

Topographic profile of the Theophilus crater observed with the Laser Altimeter. It shows the flatness of the crater interior, complex structure of the central peak, and a difference in the altitude out of the crater between the south and north side.

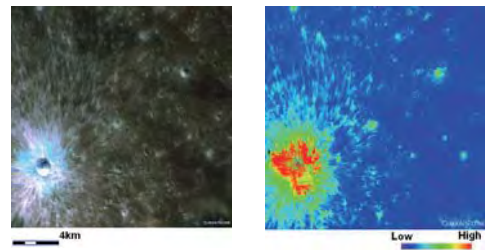
### スペクトル・プロファイラ Spectral Profiler



右の画像の紫色の線に沿って得られたスペクトル・プロファイラのデータ(左)。クレータ内外のスペクトルの違いは、斜面に新鮮な土壌や岩石が分布していることを示す。

Data from the Spectral Profiler (left) and image from Multiband Imager (right). The spectrum indicates that fresh soil and rock exist on the slope inside the crater. The purple line on the right image is the observed locus.

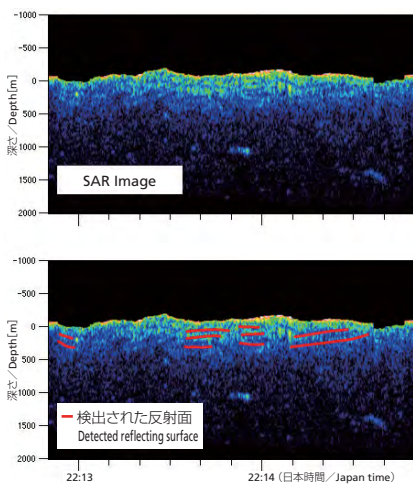
### マルチバンド・イメージャ Multiband Imager



マルチバンドイメージャが観測したクレータとその周辺の画像。左は擬似3色カラー画像。右は比較演算結果に色をつけた画像で、クレータからの放出物の不均一性が見えている。

Left is pseudo (false) color image of a small crater observed by the Multiband Imager. Right is comparative band ratio image. Those images show clear information about nonuniformity of the distribution of scattered material around the crater.

### 月レーダサウンダー Lunar Radar Sounder



月レーダサウンダーが雨の海の北部で観測した地下の構造。上が合成開口レーダの画像、下は検出された反射面をなぞったもので、層状構造が明らかになっている。

The synthetic aperture radar (SAR) image and strata identification of the northern part of the Mare Imbrium retrieved from the Lunar Radar Sounder data.

### 「かぐや」実物大モデルを展示中

筑波宇宙センター



筑波宇宙センターの展示室では「かぐや」熱構造モデルを見ることが出来ます。このモデルは展示用に作られたものではなく、「かぐや」の開発・製作時の試験・検証のために実際に使用された、高さ約5mの実物大のモデルです。また、この実物大のモデルには、「月に願いを」キャンペーンのネームシートのレプリカも貼付してあります。

#### <展示室のご案内>

- 展示室の開館時間：10:00～17:00 (受付は16:00まで)
- 休館日：年末年始(12/29～1/3) およびイベント開催日
- 入館無料。ただし見学案内事務所での手続きが必要

■ 所在地：茨城県つくば市千現2-1-1 JAXA筑波宇宙センター内  
 ■ 見学のお問い合わせ：TEL.029-868-2023  
 URL：<http://www.jaxa.jp/visit/tsukuba/>

<http://www.kaguya.jaxa.jp/>

<http://www.kaguya.jaxa.jp/en/>



宇宙航空研究開発機構  
 広報部

〒100-8260 東京都千代田区丸の内1-6-5丸の内北口ビルディング2F  
 Tel:03-6266-6400 Fax:03-6266-6910

Japan Aerospace Exploration Agency  
 Public Affairs Department

Marunouchi Kitaguchi Bldg. 2F, 1-6-5 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8260, Japan  
 Tel:+81-3-6266-6400 Fax:+81-3-6266-6910

R100  
 JSF080320T

JAXAホームページ  
 JAXA Website

<http://www.jaxa.jp/>

最新情報メールサービス  
 JAXA Latest Information Mail Service

<http://www.jaxa.jp/pr/mail>

宇宙科学研究本部ホームページ

Institute of Space and Astronautical Science Website  
<http://www.isas.jaxa.jp/>