

# 月周回衛星「かぐや (SELENE)」の定常運用終了と後期運用計画について



平成20年11月5日

宇宙航空研究開発機構

月惑星探査プログラムグループ

SELENE プロジェクトマネージャ 佐々木 進

SELENE サイエンス マネージャ 加藤 學

# 「かぐや」の運用結果等

- (1) 平成19年9月14日に打上げ。10月20日にクリティカルフェーズを完了。  
平成19年12月20日に初期機能確認を完了した。
- (2) 平成19年12月21日から定常運用を実施。平成20年10月31日 定常運用完了。
- (3) 月探査基盤技術の実証について  
月遷移軌道や月軌道投入を高精度実施できた。また、月周回中の姿勢制御・軌道制御・熱制御を計画通り行った。以上より、月探査基盤技術を実証した。なお、上記により、意義のある後期運用を実行できる燃料を確保出来た。
- (4) 観測データの取得について
  - ・月全域について、鉱物分布、地形・表層構造、重力分布、磁場分布、月環境について所期の観測データを取得した。
  - ・元素分布については、ガンマ線分光計(GRS)が4ヶ月間観測を停止したため、後期運用において不足分のデータを取得する予定である。

# 「かぐや」の運用結果等

## (5) 普及・啓発活動について

ハイビジョンカメラにより取得した「地球の出」等の映像や地形カメラの3次元画像などにより国民の宇宙開発への普及・啓発に貢献した。なお、ハイビジョン映像は洞爺湖サミットで地球環境保護の象徴として用いられるなど、地球環境保護活動にも貢献している。

(6) これまで取得した観測データに基づく初期的解析の結果、科学雑誌「サイエンス」、米国地球物理学会誌 (GRL: Geophysical Research Letters) 等へ投稿し、レビューを受けている。既に、地形カメラのデータに基づく「有人活動の候補点である南極域のシャックルトン・クレータの表層に関する論文が「サイエンス」に掲載された(添付資料1参照)。また、GRLに論文(\*)が2件アクセプトされている。

1) Discovery on the lithology of lunar crater central peaks by SELENE Spectral Profiler (スペクトルプロファイラー)

2) Illumination conditions at the lunar polar regions by KAGUYA (SELENE) laser altimeter (レーザ高度計)

(7) 平成20年11月1日から後期運用を開始している。

# 後期運用計画概要



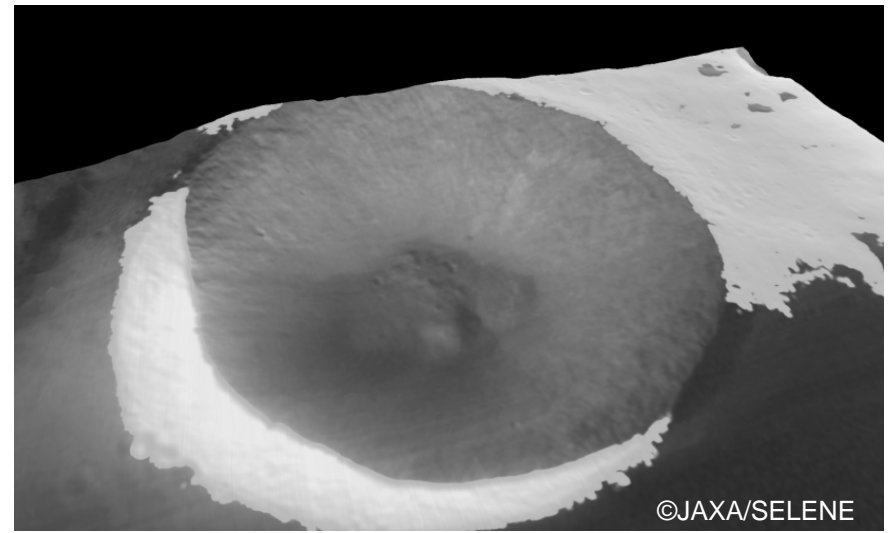
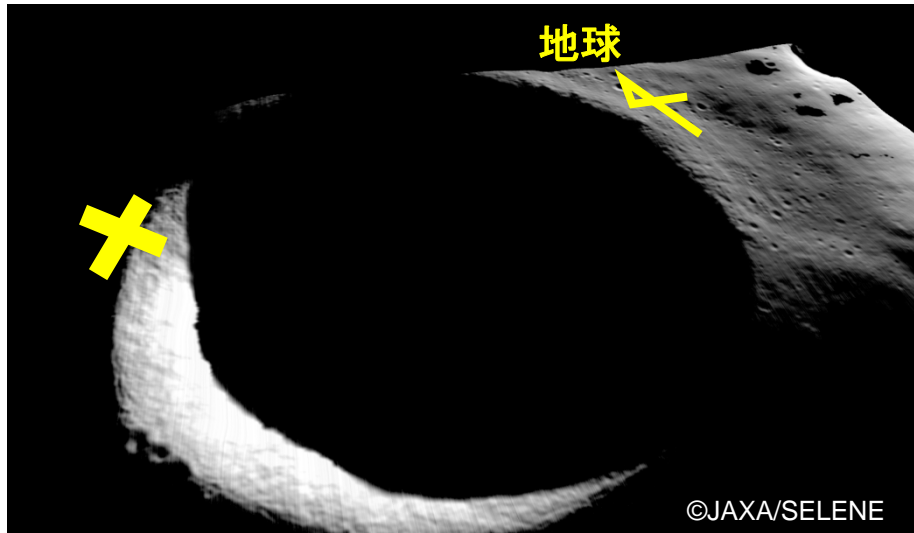
期間		H20.11月1日～H21月3中旬	H21.3月中旬-4月下旬	H21.5月	～H21.8月以前
軌道		100km運用	低高度運用		落下制御運用
		100km円軌道	50km円軌道	20km(南極) × 100km(北極)	
期待される成果	主目的	・ガンマ線分光計(GRS)による元素分布観測 (元素分布の所期のデータ収集)	・月磁場観測装置(LMAG)、プラズマ観測装置(PACE)による月の磁場の3次元的分布及びミニ磁気圏に関するデータ取得。		・月の表側の目標地域へ落下運用(落下キャンペーンの実施予定)
	オプション	・GRS以外の観測機器については科学観測データの高度化、品質向上 ・南極の夏などこれまで観測されていなかった季節のデータが取得ができる。	・他の観測機器については、観測機器の温度、地上系の制約の範囲で観測 ・ハイビジョンカメラ(HDTV)による、より鮮明な月面の撮影	・他の観測機器については、観測機器の温度、地上系の制約の範囲で観測 ・北極の夏で表面地形、鉱物分布を取得。	

※1 リレー衛星(おきな)については、H21.2月に落下予定

「水氷がクレータ底部の表面に露出した形で多量に存在する可能性がないことを明らかに」

(サイエンス誌 10月23日(オンライン)掲載)

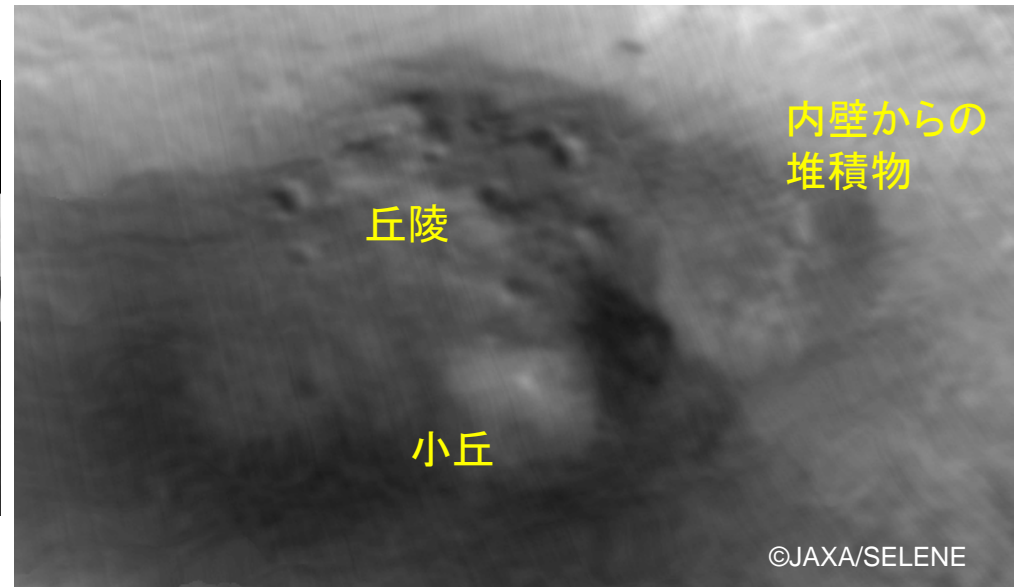
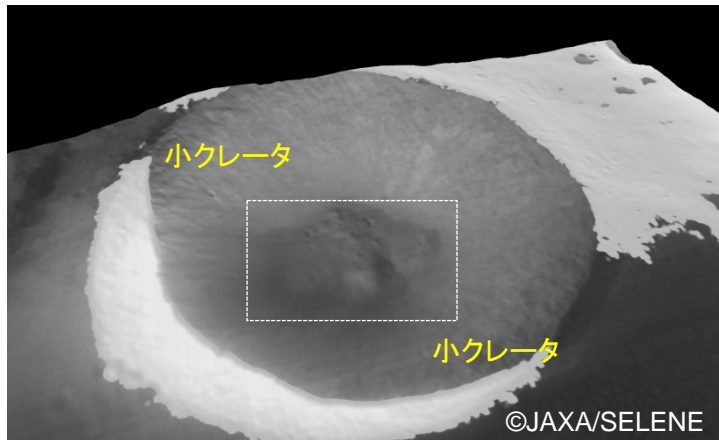
月南極シャクルトンクレータの内部: **地形カメラは、永久陰内を鮮明に映し出したが、水氷と見られる高い反射率の場所は見られなかった**



左: 輝度強調前のシャクルトンクレータ(オルソデータから3次元化)。クレータ直径21km。  
×印は、月の南極点  
右: 左の画像を輝度強調したもの。内部は斜面上部からの散乱光で照らされ、直径6.6kmの同心円状の平底がみいだされた。  
(2007/11/19撮像)

# シャックルトン3次元立体視画像

## 永久陰内も含めて詳細な地形情報が得られた

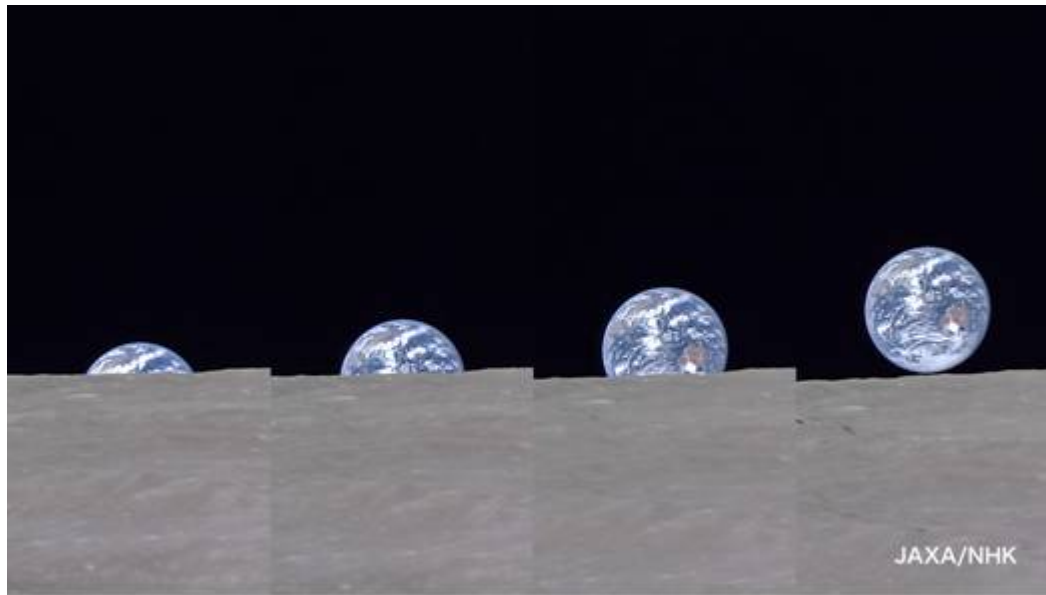


左: 地形カメラデータから作成された3次元立体視画像。斜面の角度は $30^\circ$ 。クレータの深さは、4.2kmに達する。斜面にはいくつかの小クレータがみられる。中央には2~300mの小丘があり、クレータ斜面にむかって丘陵が続く。また、まわりの斜面から、崩れてきたと思われる堆積物とみられる部分もある。

右: 左図の点線部の拡大図  
(2007/11/19撮像)

補足

# ハイビジョンカメラによる満地球の出・入り



## 『地球の出』

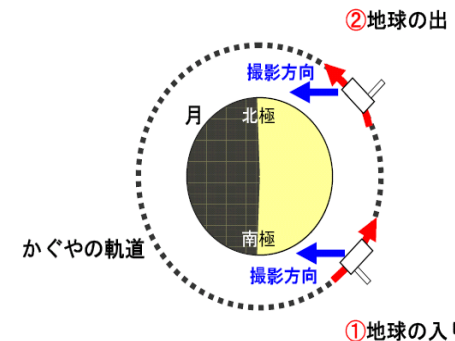
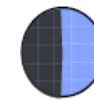
平成20年9月30日

撮影

月の北極付近



地球



①地球の入り

## 『地球の入り』

平成20年9月30日

撮影

月の南極付近



# 観測機器の現状と今後の予定



元素分布	XRS	初期チェックアウトにおいて、4枚のCCDを用いた観測時に計測ノイズが増加することが判明した。地上での再現試験結果等により、X線CCDの放射線ダメージにより、X線強度の高く観測されるケースが多く検出されたものと推定した。加えて、定常運用期間中太陽活動レベルの低い状態が継続し、必要なX線強度のデータが取得できなかった。このため、後期運用においても観測を継続し、所期データの取得を試みる。
	GRS	平成20年2月から観測データに異常が見られた不具合は、データ解析の結果、極低温となる高圧印加部位にコンタミが付着し、微小なリーク電流が生じたことで検出器出力信号にノイズが乗ったことが原因と推定した。調査過程で不具合は解消し、運用を再開した。観測データが異常となる事象による観測を中断した約4ヶ月を除き、定常運用期間を通して観測データを取得した。欠測期間を補完するため、後期運用で観測を継続する予定である。
鉱物分布	MI	定常運用期間を通して計画どおり観測データを取得することができた。後期運用で追加観測を行う。
	SP	定常運用期間を通して計画どおり観測データを取得することができた。後期運用で追加観測を行う。
地形表層	TC	定常運用期間を通して計画どおり観測データを取得することができた。後期運用で追加観測を行う。
	LALT	定常運用期間を通して計画どおり観測データを取得することができた。後期運用で追加観測を行う。
	LRS	平成20年9月、観測モードに移行できない不具合が発生した。原因究明を継続しており、電子回路部のサウンダー基板に異常があることが判明している。電子回路部の不具合が発生して観測を停止するまでに初期の観測データを取得することができている。電子回路部の不具合については原因究明及び復旧のための作業を継続し、後期運用における追加観測データの取得を目指す。
重力	RSAT	定常運用期間を通して計画どおり観測データを取得することができた。後期運用で追加観測を行う。
	VRAD	定常運用期間を通して計画どおり観測データを取得することができた。後期運用で追加観測を行う。

# 観測機器の現状と今後の予定



環境	LMAG	定常運用期間を通して計画どおり観測データを取得することができた。後期運用で追加観測を行う。
	PACE	定常運用期間を通して計画どおり観測データを取得することができた。後期運用で追加観測を行う。
	CPS	CPSについては不具合が発生した2つの検出器を除き所定期間の観測データを取得した。後期運用においては、不具合が発生したCPS（HID及びLPD-He）の観測データ取得を試みる。なお不具合の原因については、地上での再現試験の結果、+5V電源用レギュレータの故障により本来の電圧を発生していないことが原因と推定した。
	RS	定常運用期間を通して計画どおり観測データを取得することができた。後期運用で追加観測を行う。
	UPI	定常運用期間を通して計画どおり観測データを取得することができた。後期運用で追加観測を行う。なお、平成20年6月にAz軸の駆動が異常となる事象が発生し、それ以降は必要なデータを取得するためにAz軸固定して観測を実施している。
広報	HDTV	定常運用期間を通して、放射線損傷が少なかったため、計画以上の地球の出、入り、月の映像を取得できた。後期運用で追加の映像取得を行う。

# かぐや (SELENE) の観測ミッション

	観測ミッション	観測項目	観測内容
1	蛍光X線分光計 (XRS)	元素分布	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Al, Si, Mg, Fe等の元素分布を調べる。
2	ガンマ線分光計 (GRS)		月面から放射される $\gamma$ 線を観測し、月表面の放射性元素(U, Th, K等)分布を調べる。
3	マルチバンドイメージャ (MI)	鉱物分布	月面からの可視近赤外光を複数の波長で観測し、地質を調べる。
4	スペクトルプロファイラ (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、地質中に含まれる鉱物の組成等を調べる。
5	地形カメラ (TC)	地形・ 表層構造	高分解能(10m)カメラ2台のステレオ撮像により、標高を含む地形データを取得する。
6	月レーダサウンダ (LRS)		月面に電波を発射し、その反射により月の表層構造(地下数km程度)を調べる。
7	レーザ高度計 (LALT)		月面にレーザ光を発射し、その反射時間により、地形の起伏、高度を精密に測定する。
8	月磁場観測装置 (LMAG)	月面環境	月面および月周辺の磁気分布を観測する。
9	粒子線計測器 (CPS)		月周辺における、宇宙線や太陽から放射される高エネルギー放射線、及び月面から放射される $\alpha$ 線を観測する。
10	プラズマ観測装置 (PACE)		月周辺の太陽風の電子とイオン及び月面からの反射電子と二次イオンを測定する。
11	電波科学 (RS)		衛星のリム通過時に衛星からの電波の位相変化を測定し、希薄な月電離層を検出する。
12	プラズマイメージャ (UPI)	地球プラズマ環境	月軌道から地球の磁気圏及びプラズマ圏のダイナミクスを画像として観測する。
13	リレー衛星中継器 (RSAT)	月の重力分布	主衛星が月裏側を飛行中に地球局との4ウェイドップラ計測を行う。主衛星の軌道擾乱から月裏側の重力場データを取得する。
14	衛星電波源 (VRAD)		2機の子衛星に搭載する電波源に対し地球局から相対VLBI観測を行い、両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。
15	高精細映像取得システム (HDTV)	映像取得	月面上の「地球の出」等のハイビジョン撮影を行う。