

# 月周回衛星「かぐや」(SELENE)の 後期運用について



平成21年4月8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プロジェクト 祖父江真一

空へ踏み、宇宙を拓く

# 後期運用について

## 1. 運用状況について

- GRS(ガンマ線分光計)については、定常観測期間中の欠測期間を補完するための後期運用での観測を、平成20年12月末で終了した。これによりフル成功基準を達成した。
- 2月1日から高度50kmで月磁場、プラズマ環境の3次元分布の観測をほぼ2ヶ月間実施し、世界でかぐやしか観測できないデータの取得を行った。さらに近月点が30km以下での月の裏側のミニ磁気圏領域(南極エイトケン盆地)に対する追加観測を4月以降に実施する計画である。
- 平成20年9月10日に観測を停止していたLRS(月レーダサウンダー)については、平成21年2月19日から自然電波観測モードによる観測を再開している。
- 3月1日からリアクションホイール#3(RW#3)を低速に制限した形でのリアクションホイール姿勢制御運用を継続してきたが、21日に当該ホイールの摩擦トルクが急増するという事象が発生し、スラスター姿勢制御運用に移行している。このRW#3の摩擦トルクの増加はRW#1と同じ傾向である。
- 3月27日から衛星の姿勢制御精度要求を緩和し、推薬の節約を図っている。

# 後期運用について

## 2. 今後の運用について

- 安定した運用を実現するために、スラスター姿勢制御運用とする。リアクションホイール姿勢制御運用は特別な必要性が生じない限り実施しない。
- 現在の最新の軌道解析に基づく今後の運用計画は次の通り。なお、今後、さらなる軌道解析を実施し、見直す可能性がある。
  - 落下予定時期： 6月10日頃
  - 落下予定場所： 月の表側(日陰) 厳密な落下場所・時刻は今後決定
  - 期待される成果： 月の裏側のミニ磁気圏の領域(南極エイトケン盆地)を高度30km以下で月磁場、プラズマ環境などを同時観測(国際的に「かぐや」のみ実現可能な観測)
  - 必要な情報を提供し、天文台での落下の観測を呼びかける。
  - 制御落下実施以前の軌道においては、月の裏側(日照)の詳細なHDTV、地形カメラなどの撮影を実施予定。

# 後期運用計画概要(12月にSAC報告の修正版 下線太字が追記)

期間	H20.11月1日～H21.1月31日	H21.2月1日～	～H21.6月10日頃	
軌道	100km運用	低高度(50-20km)運用※1	落下運用	
期待される成果	主目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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)</li> <li>→<u>平成20年12月末で取得を完了した。</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>→<u>高度50kmで月磁場、プラズマ環境の3次元分布の観測を2月1日からほぼ2ヶ月間、取得を完了した。</u></li> <li>→<u>さらに高度を下げ、ミニ磁気圏のある領域(南極エイトケン盆地)で近月点を30km程度での観測を4月以降に実施予定。</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・月の表側の目標地域へ落下運用</li> </ul>
	オプション	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・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の取得</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・HDTVによる、より鮮明な月面の撮影</li> <li>→<u>高度50kmの鮮明な映像およびダイヤモンドリングの映像の取得を実施</u></li> </ul>	

※1 リレー衛星(おきな)については、H21.2月12日に落下

# 「かぐや」の普及・啓発活動について



1. 世界天文年(IYA)にあわせた「かぐや」および月・惑星探査の普及・啓発のために、「かぐや」の成果を活用した次のプロダクトを制作中である。

(1) DVDコンテンツなどの作成

① 3D MOON(仮称)

かぐやのHDTV、地形カメラの立体映像などを用いたデジタルプラネタリウム用の番組。プラネタリウム館には夏ごろより順次配給開始されるとともに、最新の投影機とバンドルして配給される予定

② かぐやが見た月の姿(その2)

HDTV、地形カメラなどの映像60点ほどと静止画像に日英語のナレーション、キャプションをつけた形の成果DVD、BDを日本プラネタリウム協議会、教育機関など国内外1000か所以上に提供予定

③ 月のかぐや(仮称)

かぐやの成果の写真集を11月の一般公開にあわせて作成予定

④ 遥かなる月へ 月周回衛星「かぐや」の軌跡 (完結編)

かぐやの打ち上げから定常運用移行までのドキュメンタリーに、おきな落下、主衛星制御落下の運用室の状況などを追加したドキュメンタリーDVDの制作、公開

(2) 教育・広報機材の作成

① 凹凸月球儀の作成

レーザ高度計のデータ(国立天文台、国土地理院が処理)を用いた凹凸月球儀を作成、展示をおこなうほか、教育機関への貸与および講演での活用を予定。製作会社は、一般販売を検討中。



凹凸月球儀の大きさ(石膏製)  
直径45cmで重量約10kgの展示用です。凹凸情報は、直径に比べて4倍強調しています。高度情報を5色に色分けしています。赤が高いところ、で青が低いところ。写真は、月の裏側の南極エイトケン盆地の北の地域が正面となっています。



凹凸月球儀の大きさ(ナイロン製) 直径40cm, 10cm

持ち運び可能なもので、10cmは講演で利用可能です。なお、凹凸情報は、直径に比べて10倍強調しています。

# 「かぐや」の普及・啓発活動について



2. かぐやプロジェクトにおいては、次の表彰を受賞した。

- (1) 平成21年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 理解増進部門
- (2) 第3回科学技術における「美」パネル展「優秀賞」受賞(平成21年2月27日) HDTVの地球の出
- (3) 第50回科学技術映像祭で部門優秀賞受賞(平成21年3月9日) 『遙かなる月へ かぐやドキュメンタリー』



## 3. 展示・講演

- (1) 国連宇宙空間平和利用委員会(COPUOS)科学技術小委員会、法務小委員会などにおいて、「かぐや」の講演を行うとともに、展示を実施した。
- (2) JAXA宇宙探査イベント「宇宙探査の始動 - Inspire the future -」(平成21年3月14日(日) パシフィコ横浜5F小ホール)にて、かぐやの講演、展示、かぐや映像と音楽の協演などを実施した。
- (3) YouTubeコンテンツは、JAXA全体のYouTube/JAXAチャンネルに移動。  
<http://www.youtube.com/jaxachannel>
- (4) 4月18日のつくば特別公開にて、3D MOON(仮称)の試写を手製ドームで実施予定。
- (5) 月・惑星科学会(LPSC 3月)、宇宙科学技術連合大会(5月)、リモートセンシング学会(5月)、ISTS(7月)などにおいて「かぐや」特別セッションを開催。
- (6) 4月19日、21日に、米国シアトル 桜祭り、サンフランシスコをはじめとしたかぐやの講演を国内外で実施予定。
- (7) ネットワーク地理情報システム(Google Moonなど)を用いたかぐや可視化画像の公開検討中。
- (8) 落下後にかぐやのラストイベント(パブリックイベント)を東京で7月ごろに実施予定。



補足

# 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線強度が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ている。
	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、後期運用で観測を完了した。現在、さらなる追加観測を実施している。
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っている。
	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っている。
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っている。
	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っている。
	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。平成21年2月19日より、高度50kmでの自然電波モードでの追加観測を実施している。
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った。2月12日におきなほ月面に落下し、ミッションは完了した。
	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っている。

# 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っている。
	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っている。
	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。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。後期運用の低高度運用期間においては、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。
	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っている。
	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、20年6月、11月に2軸ある望遠鏡の駆動機構が異常となる事象が発生し、それ以降は2軸を固定して極紫外およびナトリウムを中心にした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っている。

# 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。