

# 月周回衛星「かぐや (SELENE)」の 状況について



平成21年2月18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

空へ踏み、宇宙を拓く

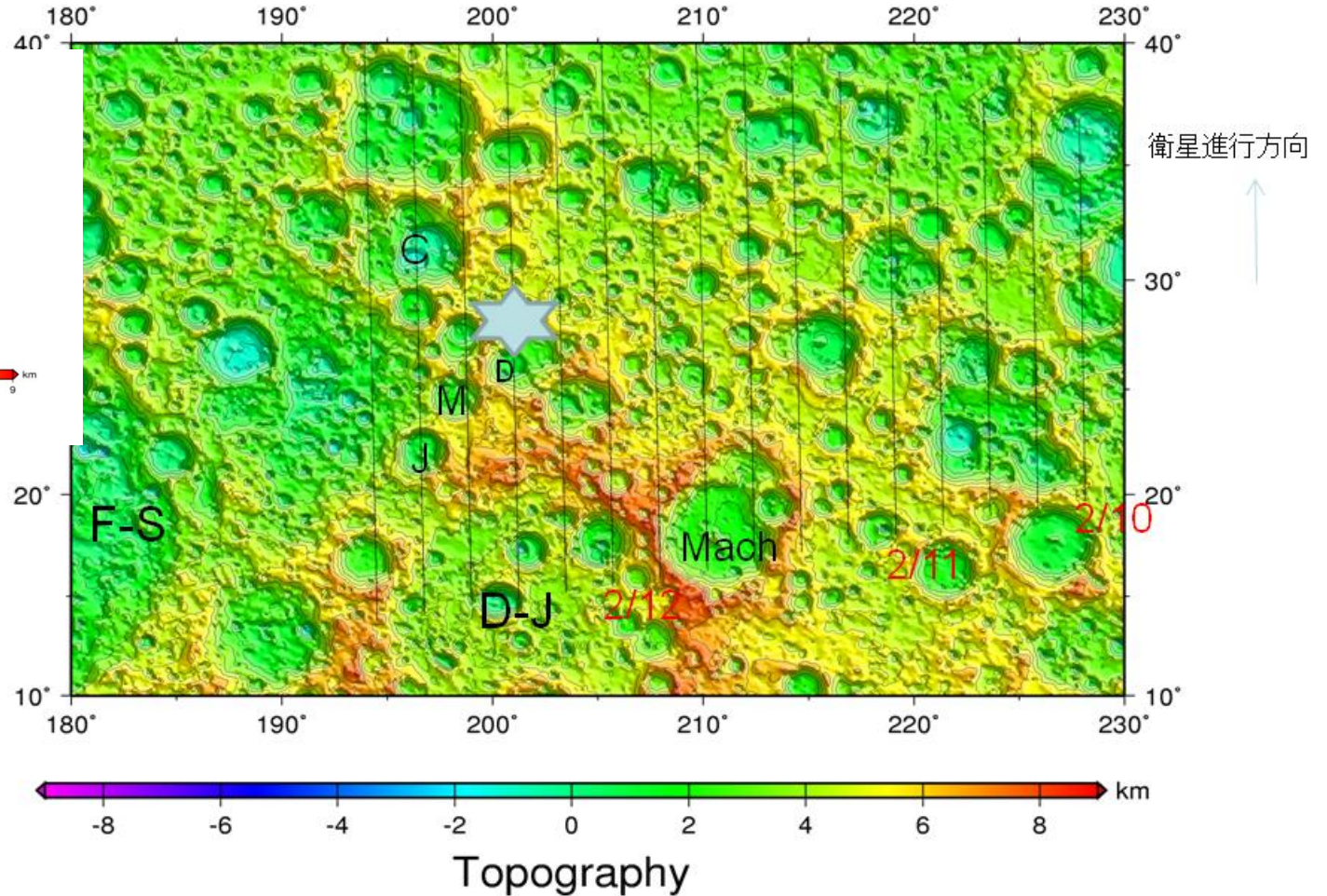
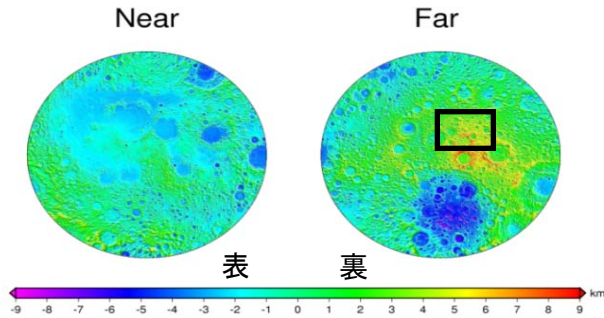
# 「かぐや」の状況

## (1)運用状況

- ・ 平成20年11月1日から後期運用を実施している。
- ・ 元素分布についてのガンマ線分光計(GRS)の4ヶ月間停止分に相当する観測を優先的に実施し、昨年12月末に無事完了した。その後、GRSについては、追加観測を実施している。
- ・ リアクションホイールの性能低下※1により、後期運用を見直した。
- ・ 2月1日から、高度50km±20kmで低高度によるさらなる詳細・高精度なデータ取得を開始している。なお、低高度の主目的である月磁場観測装置(LMAG)等による月の磁場の3次元的分布及びミニ磁気圏に関するデータ取得は予定通り実施できる見込みである。
- ・ 主衛星については、6月ごろまでに月面に落下する見込み。落下にむけた運用については現在検討中である。
- ・ 2月12日に、リレー衛星「おきな」による月の裏側の重力場の観測は完了し、月の裏側に落下した。他方、VRAD衛星「おうな」は、主衛星の落下まで運用を継続する予定である。

- ※1 昨年12月26日に、リアクションホイール(姿勢制御装置)1基について、平成20年7月23日18時30分ごろに発生したリアクションホイールの停止に至った不具合現象と同様と見られる摩擦トルクの増加を検知した。このため、直ちに、スラスターによる姿勢制御に移行し、リアクションホイールの停止という状況を防ぐ処置を実施するとともに、状況確認・運用方法の検討を実施した。現在、摩擦トルクの状態をみながら、低速度でのリアクションホイール運用を2月13日から再開している。
- なお、スラスター制御による姿勢制御運用の実施に伴い、スラスター燃料の利用が増加した。この状況を踏まえて、後期運用計画を次の点で見直した。
- 低高度運用の実施開始時期の見直し
  - 落下時期の見直し

# 「おきな」の落下予測地点 について



右図は上の図の口部分の拡大図

- C = Cockcroft
- J = Jackson
- M = Mineur
- D = Mineur D
- D-J = Dirichlet-Jackson盆地
- F-S = Freundlich-Sharonov盆地

©JAXA/SELENE 処理・解析:国立天文台

「おきな(リレー衛星)」の軌道を高度<20kmの実線でレーザー高度計の地形図上に表示(2月10日~12日)  
 ★は「おきな」落下予測場所 ミヌールDの北(200.967E,28.213N付近)  
 落下推定時刻:2月12日午後7時46分頃(日本時間)  
 落下確認時刻:2月13日午前0時22分頃(日本時間)

# 「かぐや」の状況

(2)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(2月13日号)においては、表紙の「かぐや」の地形カメラ画像、「かぐや」に関するサイエンス誌の論評とともに、次の4編の論文が掲載された(詳細は補足資料のとおり)。

- 月周回衛星「かぐや(SELENE)」搭載の月レーダサウンダーによる月の表側の海の部分の地下構造探査  
Lunar Radar Sounder Observations of Subsurface Layers under the Nearside Maria of the Moon
- 月周回衛星「かぐや」搭載レーザ高度計(LALT)によって得られた月の全球形状および極域地形図  
Lunar Global Shape and Polar Topography Derived from Kaguya-LALT Laser Altimetry
- 「かぐや(SELENE)」の4ウェイドップラ観測から得られた月の裏側の重力場  
Farside Gravity Field of the Moon from Four-way Doppler Measurements of SELENE (Kaguya)
- 月周回衛星「かぐや(SELENE)」搭載の地形カメラによる月の裏側のマグマ噴出活動の長期継続  
Long-lived Volcanism on the Lunar Farside Revealed by SELENE Terrain Camera

Earth, Planets and Space (EPS ※) 特集号などを準備中。※日本の地球惑星科学関連の学会が共同で刊行する欧文誌

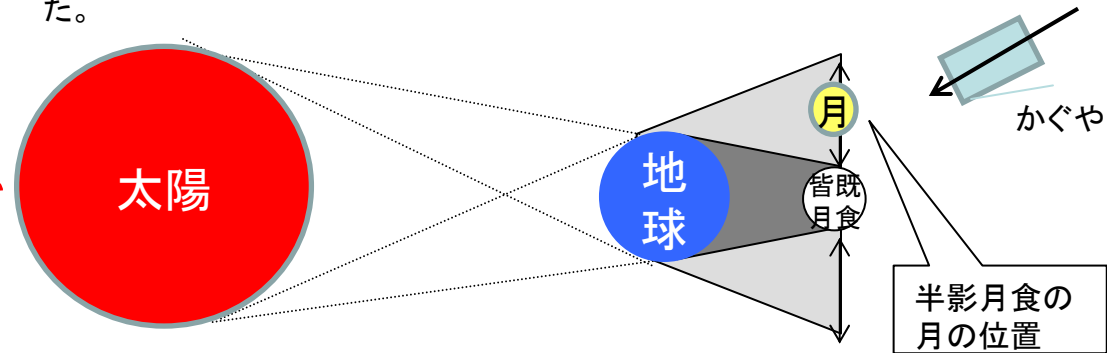
# 「かぐや」の状況

(3) かぐやHDTVによる月食時の撮影： 2月10日(日本時間)

「半影月食」※時に、「かぐや」からみて地球が太陽の大部分を覆い隠し、地球がダイヤモンドリングのように見える瞬間を動画撮影することに世界ではじめて成功した。

右下の明るく光っている部分は太陽、細いリングで囲まれた黒い部分が地球です。ちょうど地球の夜の側を見ているため真っ暗です。太陽の大部分は、地球、そして赤い点線で示された月面によって隠されています。地球がリング状に輝いているのは、大気があるためです。太陽の光は地球の大気によって散乱を起こすため、太陽光の一部は地球の縁を回り込むようにして月に到達します。そのため月からは地球の大気が青く、リング状に光っているように見えるのです。これは、太陽光の散乱が、青い色の光で起きやすいためだと考えられます。

本件は、2月18日にJAXA, NHK連名でプレスリリースしました。なお、月食は、これまでのかぐやの運用期間にもあったが、これまでは、電力・熱などの条件を考慮し、観測機器の運用は行ってこなかった。今回は、電力・熱などの問題がないことを確認の上、HDTVの撮影をはじめて実施した。



※半影月食とは、太陽、地球、月がほぼ一直線に並び、月が地球の半影(月から見て太陽が地球により一部隠されて(部分食)見える)に入る現象で、月に届く太陽の光量が減るため地球からは月の表面がいつもより暗く照らされて見えます。月を極軌道で周回する「かぐや」が月食に遭遇するのは、最大で年に2度程度と大変貴重なものです。

# 「かぐや」の状況

(4) 学会・普及・啓発活動などについて

• 第40回 月・惑星科学コンファレンス(3/23-27: 米国テキサス州)、日本地球惑星科学連合(5月、幕張)などにて「かぐや」関係の特別セッションを実施予定。

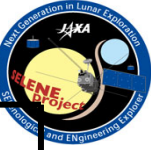
• 昨年11月までに観測されたハイビジョンカメラ映像を1月30日に公開した。

• 来年の世界天文年(IYA)にあわせて、これまでの観測データなどを用いたデジタルプラネタリウム対応番組の制作(4月からの上映を目標)、成果DVD、かぐや写真集などを準備中である。

• 昨年12月からYouTubeにて公開をはじめた「かぐや」のハイビジョン映像のうち地球の出の映像がYouTubeのおすすめ動画の1つに選ばれ、トップページを飾っている。現在まで、HDTV、地形カメラの映像を合計35掲載し、20万回以上の閲覧がされている。

補足

# 後期運用計画概要



期間		H20.11月1日～H21月1月31日	H21.2月1日～	～H21.6月頃
軌道		100km運用	低高度(50-20Km)運用 ※2	落下運用
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:12月末まで)	・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	・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の取得	・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	

※1 リレー衛星(おきな)については、H21.2月12日に落下

※2 当初計画でH21.5月頃に予定していた20km(南極側)×100km(北極側)の軌道は、軌道を上昇させるスラスター燃料が不足するために中止することとしたが、20km側で期待される成果(磁場の高精度観測)については、50-20km高度の運用で達成できる見込み。100km側で期待される成果(異なる日照条件でのイメージ観測)は低高度に比べて優先度は高くなく、かつ50kmでの観測でも代替できると判断している。



# 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、後期運用での観測を12月末で終了した。その後、追加観測を行っている。
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。電子回路部の不具合が発生して観測を停止するまでに所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った。2月12日のリレー衛星「おきな」の月面落下をもってミッションを完了した。
	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。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。

# 論文著者一覽

## 1) Lunar Radar Sounder Observations of Subsurface Layers under the Nearside Maria of the Moon

小野高幸\*1、熊本篤志\*1、中川広務\*1、山口靖\*2、押上祥子\*2、山路敦\*3、小林敬生\*4、笠原禎也\*5、大家寛\*6  
\*1 東北大学、\*2 名古屋大学、\*3 京都大学、\*4 韓国地質資源研究院、\*5 金沢大学、\*6 福井工業大学

## 2) Lunar global shape and polar topography derived from KAGUYA-LALT laser altimetry

荒木博志\*1、田澤成一\*1、野田寛大\*1、石原吉明\*1、S. Goossens\*1、佐々木晶\*1、河野宣之\*1、神谷泉\*2、大嶽久志\*3、J. Oberst\*4、C. Shum\*5  
\*1 国立天文台、\*2 国土地理院、\*3 宇宙航空研究開発機構、\*4 ドイツ航空宇宙研究所、\*5 オハイオ州立大学

## 3) Farside Gravity Field of the Moon from Four-way Doppler Measurements of SELENE (Kaguya)

並木則行\*1、岩田隆浩\*2、松本晃治\*3、花田英夫\*3、野田寛大\*3、Sander Goossens\*3、小川美奈\*2、河野宣之\*3、浅利一善\*3、鶴田誠逸\*3、石原吉明\*3、劉慶会\*3、菊池冬彦\*3、石川利明\*3、青島千晶\*4、黒澤耕介\*5、杉田精司\*5、高野忠\*2  
\*1 九州大学、\*2 宇宙航空研究開発機構、\*3 国立天文台、\*4 富士通、\*5 東京大学

## 4) Long-lived Volcanism on the Lunar Farside Revealed by SELENE Terrain Camera

春山純一\*1、大竹真紀子\*1、諸田智克\*1、本田親寿\*1、横田 康弘\*1、安部 正真\*1、松永 恒雄\*2、小川 佳子\*2、宮本 英昭\*3、岩崎 晃\*3、佐伯 和人\*4、山路 敦\*5、浅田 智朗\*6、出村 裕英\*6、平田 成\*6、寺藺 淳也\*6、鳥居 雅也\*7、C.M. Pieters\*8、J-L. Josset\*9  
\*1 宇宙航空研究開発機構、\*2 国立環境研究所、\*3 東京大学、\*4 大阪大学、\*5 京都大学、\*6 会津大学、\*7 富士通、\*8 ブラウン大学、\*9 スイス宇宙研究所