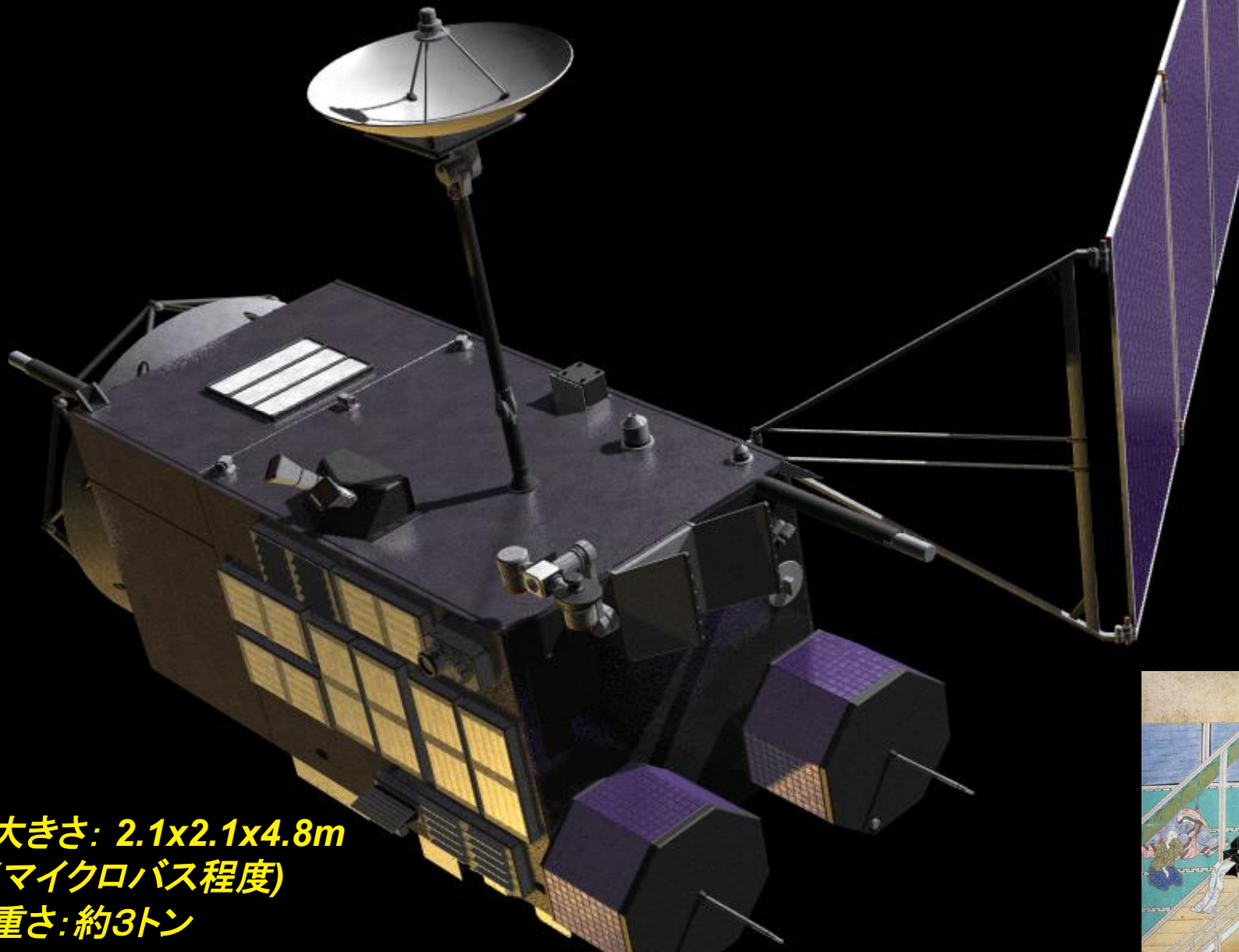


月周回衛星「かぐや(SELENE)」について



2009年5月

月探査機“かぐや”



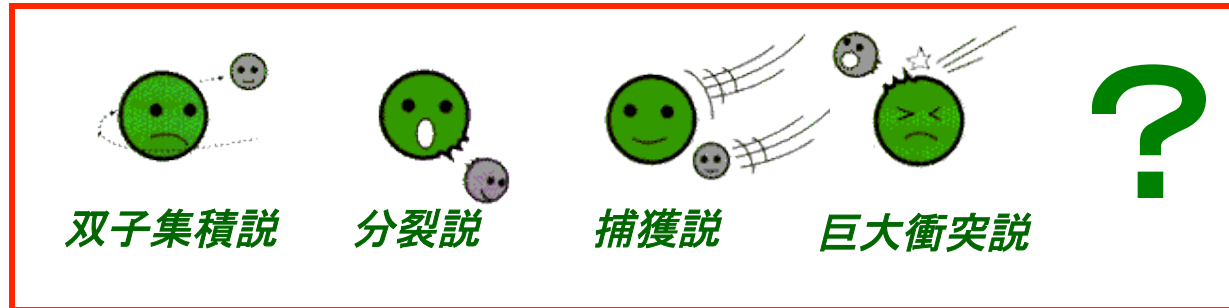
たけとり物語



大きさ: 2.1x2.1x4.8m
(マイクロバス程度)
重さ: 約3トン

“かぐや”の目的

1. 月の科学: 月の起源と進化の解明(主目的)

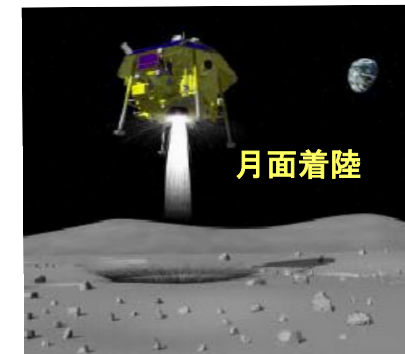


原始地球に火星くらいの大きな天体が衝突?

2. 将来の月面上の活動や月利用のための調査

3. 将来の月探査・開発のための技術の習得

4. 宇宙開発・宇宙科学の社会へのアピール ハイビジョンカメラによる「地球の出」等の動画像取得



月利用のための探査技術



宇宙への興味と感動

微惑星

1 成長過程にある原始地球に、比較的大きな微惑星が衝突する。

2 地球のマントル物質が月軌道に飛び散る。

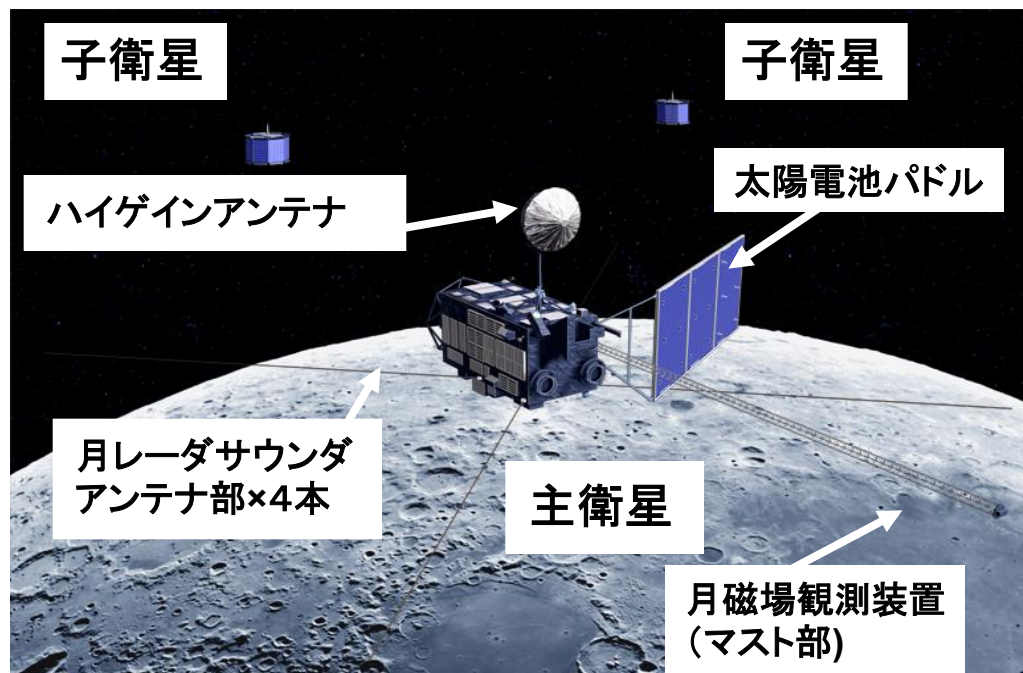
破片が集積する

3 飛び散った破片は重力によって集まる。さらに同じような衝突がおきる。

月が誕生する。

4 何回か大きな衝突がくりかえされたのち、それらの破片が集積して月が生まれる。

「かぐや」の主要諸元



月周回軌道飛行中のコンフィギュレーション

(主衛星:かぐや)

質量: 約3ton(打上げ時)
(子衛星約50kg×2機を含む)
構体外形寸法: 約2.1×2.1×4.8m
姿勢制御方式: 3軸安定
発生電力: 約3.5 kW(最大)
ミッション期間: 約1年
観測軌道: 高度100km／傾斜角90度の円軌道

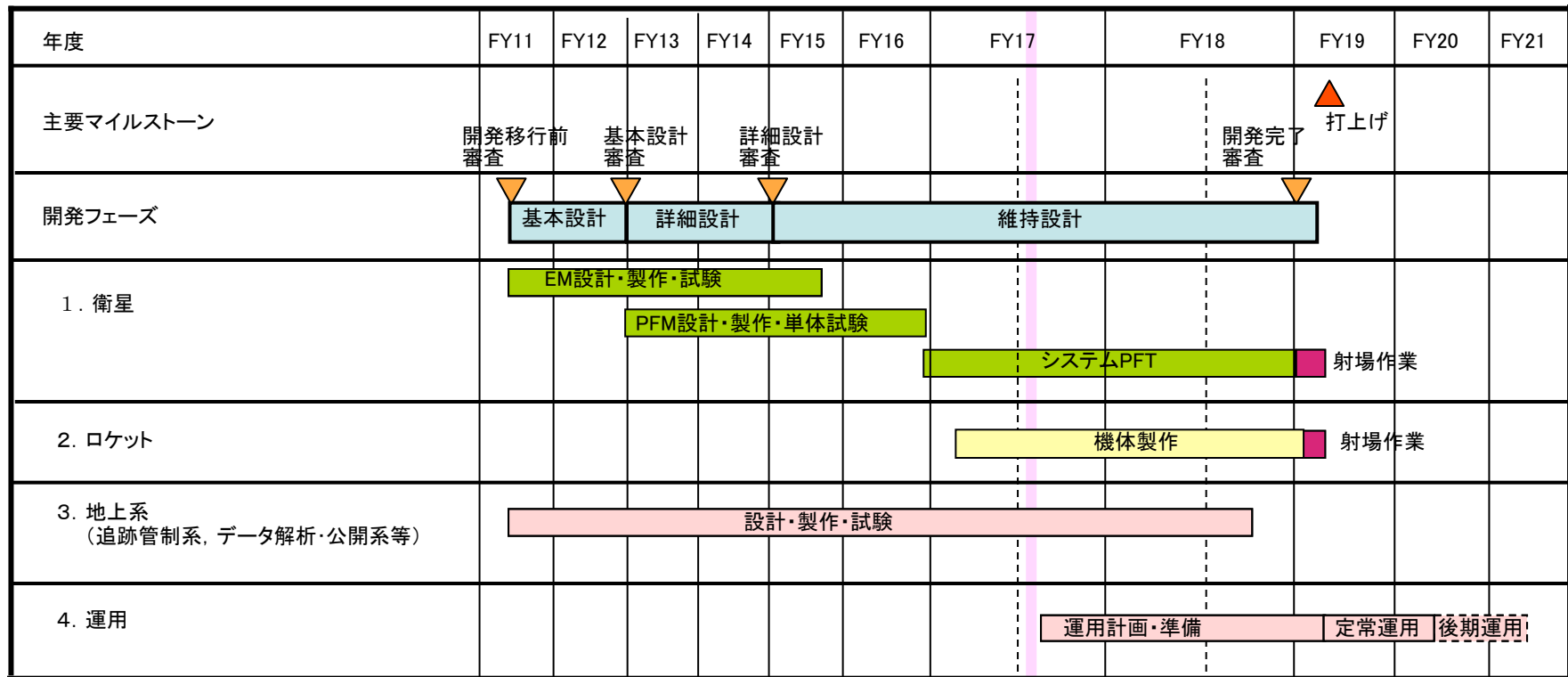
(子衛星)

質量: 約50kg
構体外形寸法: 約0.99×0.99×0.65m
(八角柱状)
姿勢制御方式: スピン安定
発生電力: 約70W
ミッション期間: 約1年
観測軌道(分離時):
(リレー衛星): 高度100km×2400km
の楕円軌道
(VRAD衛星): 高度100km×800km
の楕円軌道

VRAD: VLBI RADio source

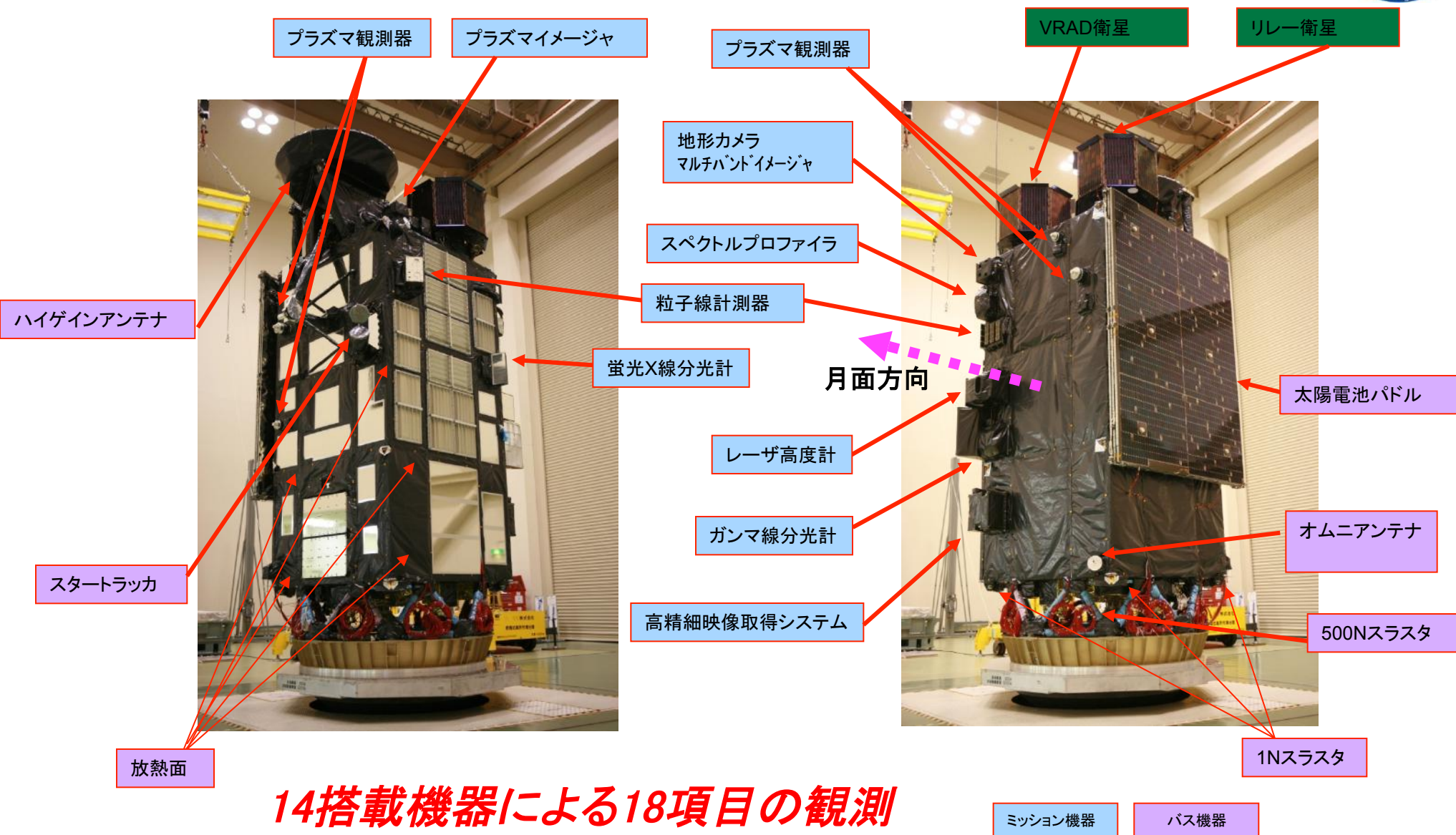
VLBI: Very Long Baseline Interferometry

“かぐや”の開発の歴史



EM: Engineering Model
 PFM: Proto Flight Model
 PFT: Proto Flight Test

主な搭載機器と配置

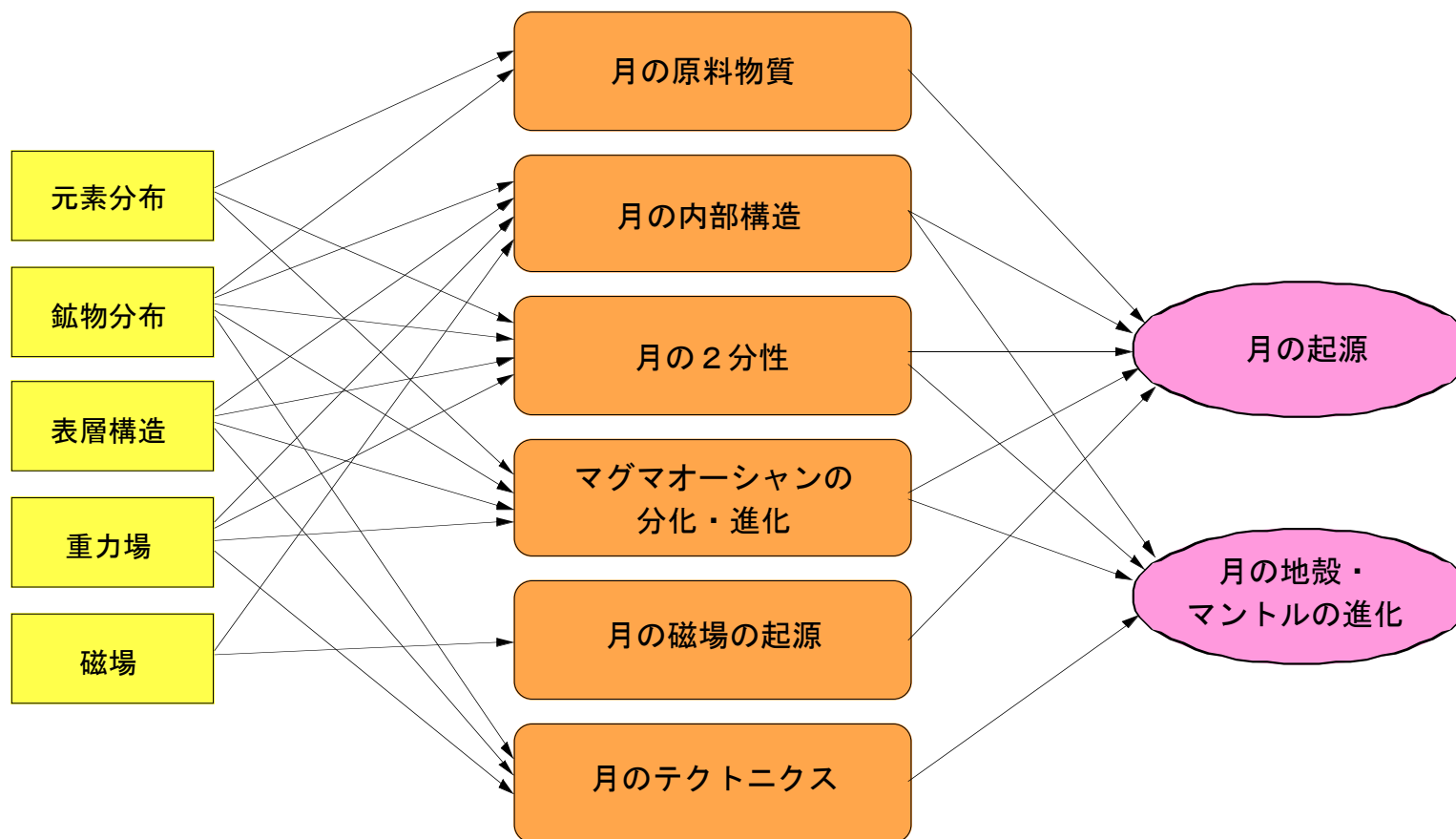


14搭載機器による18項目の観測

かぐやの観測ミッション

	観測ミッション	観測項目	観測内容
1	蛍光X線分光計	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		月面から放射される γ 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	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		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	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		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		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	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		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 α 線を観測する。
10	プラズマ観測装置		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		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	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	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		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	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。

データの統合による月の起源と進化の研究



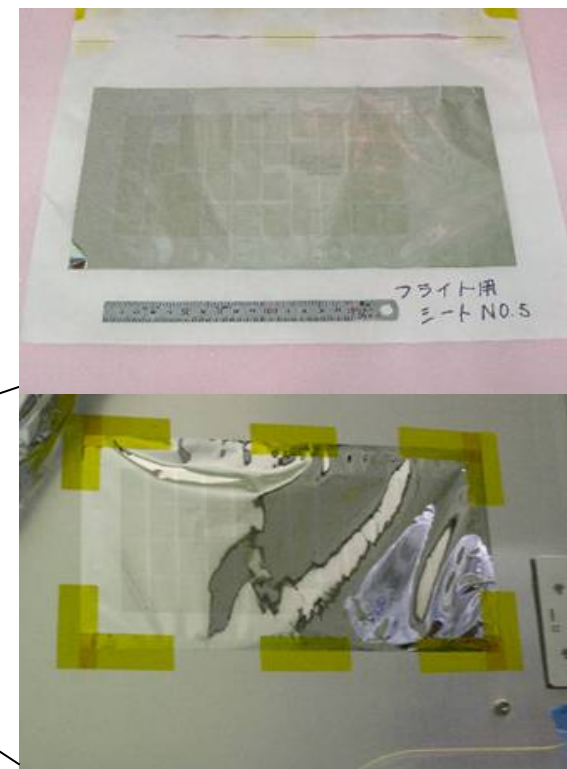
「月に願いを」キャンペーン



- 2006年12月1日～2007年2月28日
- 412,627名の方の名前とメッセージ
(国内:234,498, 海外:178,129)

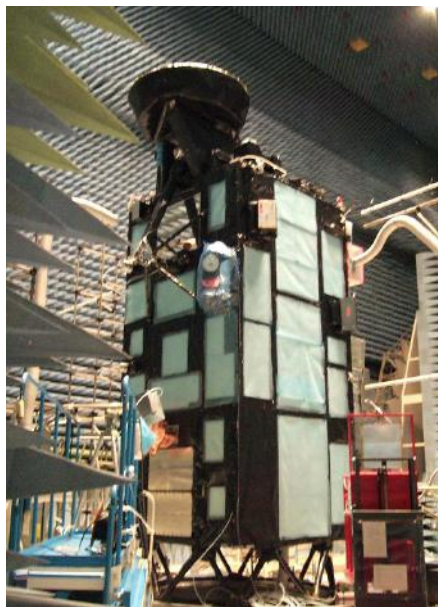


ネームシートの取り付け位置



ネームシートの大きさ 280mmx160mm
文字の大きさ: 70 μ m

“かぐや”の開発と打ち上げ



試験中のかぐや



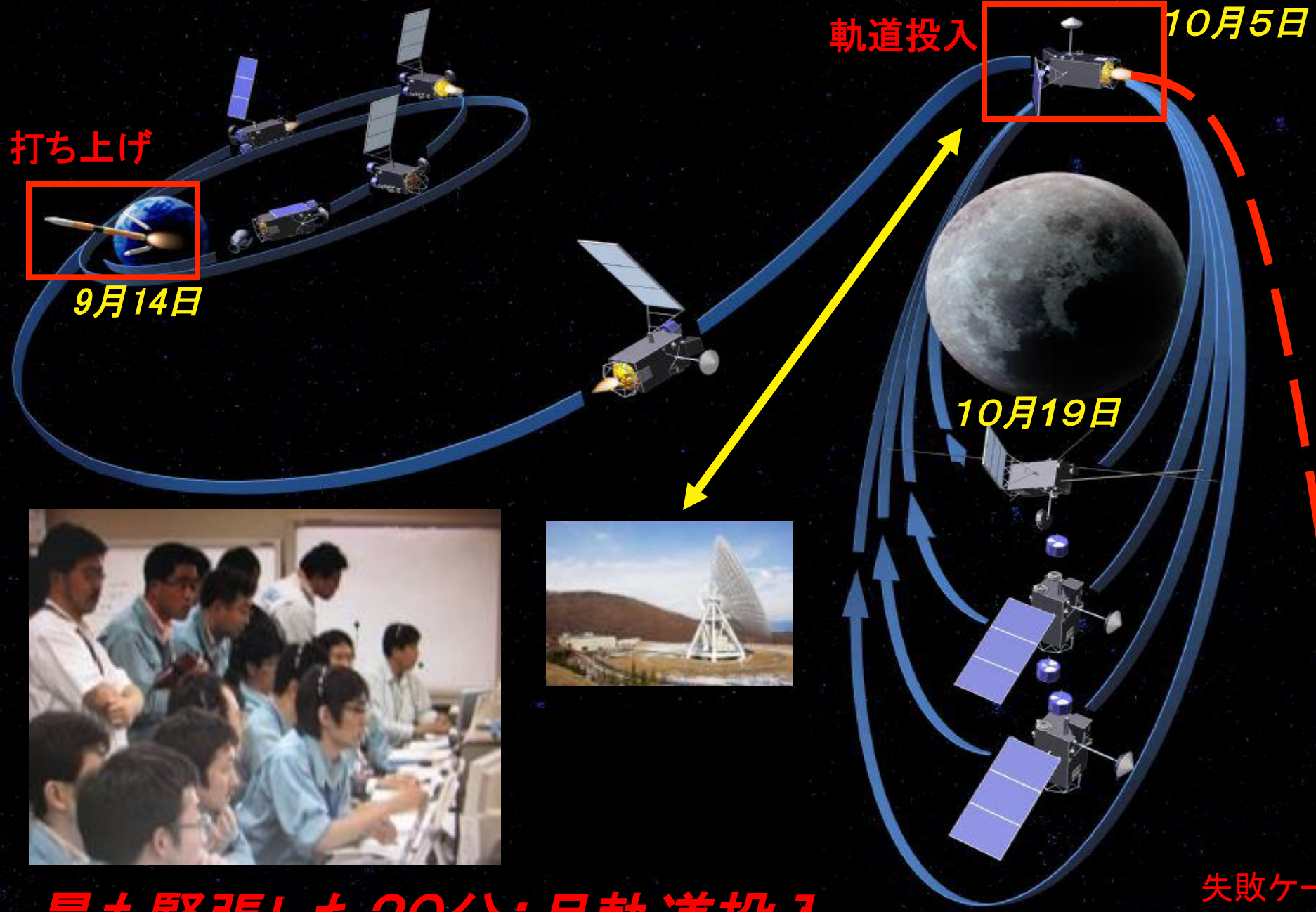
試験の様子



打ち上げ前の組み立て



かぐやの打ち上げ



最も緊張した20分: 月軌道投入

失敗ケース

HDTVで撮影した月面



©JAXA/NHK





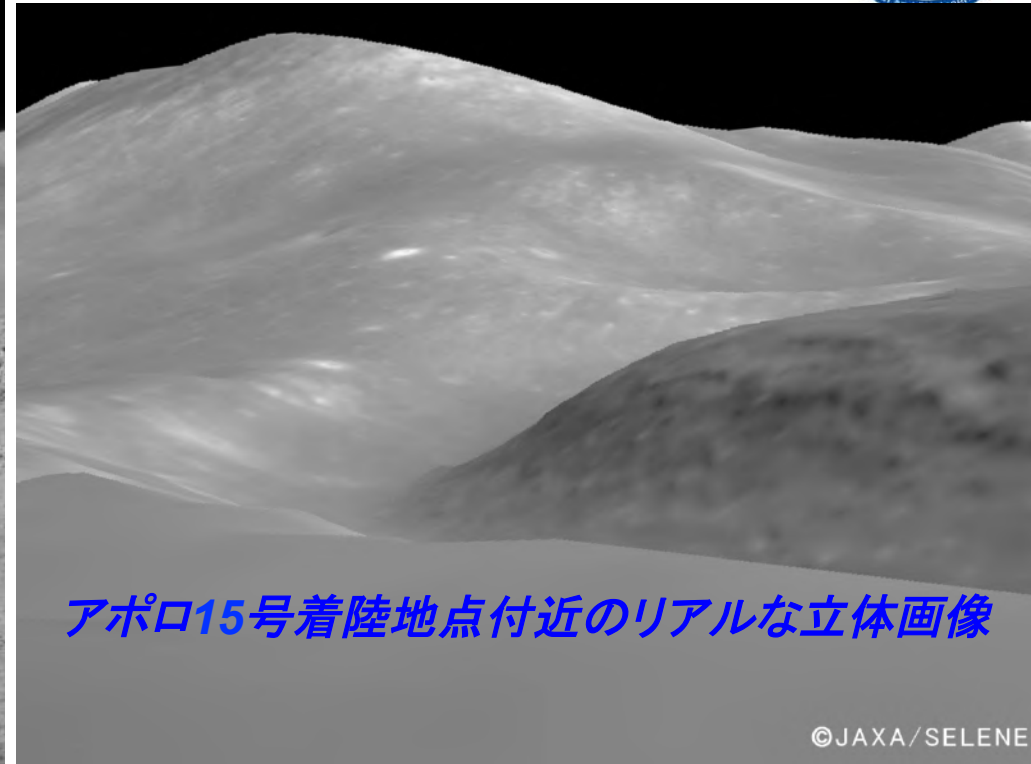
HDTVで撮影した満地球の出



地形カメラ(ステレオカメラ)



アポロの写真

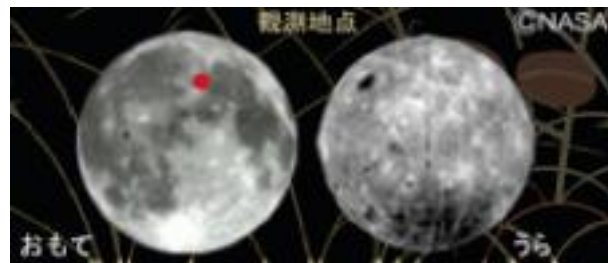


アポロ15号着陸地点付近のリアルな立体画像

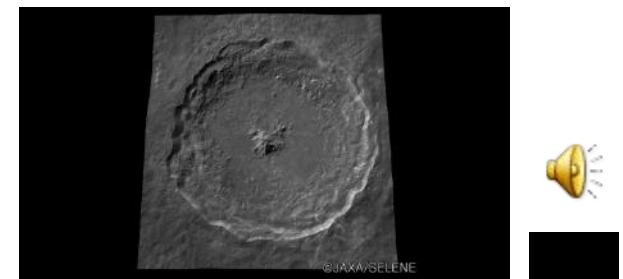
©JAXA/SELENE



搭載機器

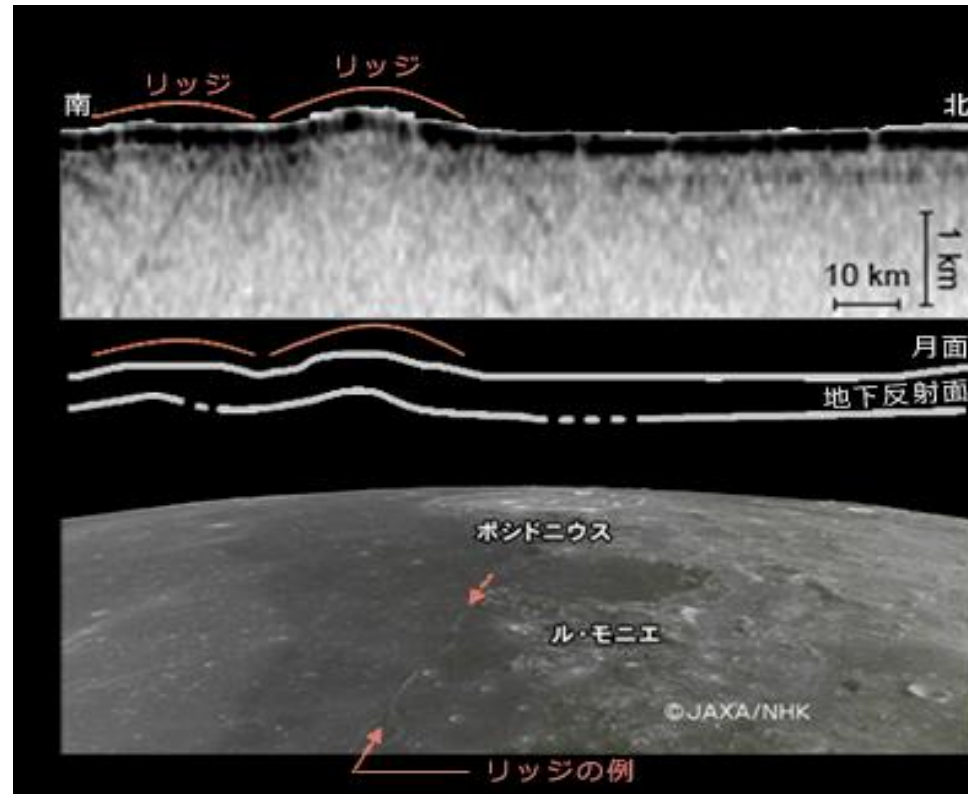
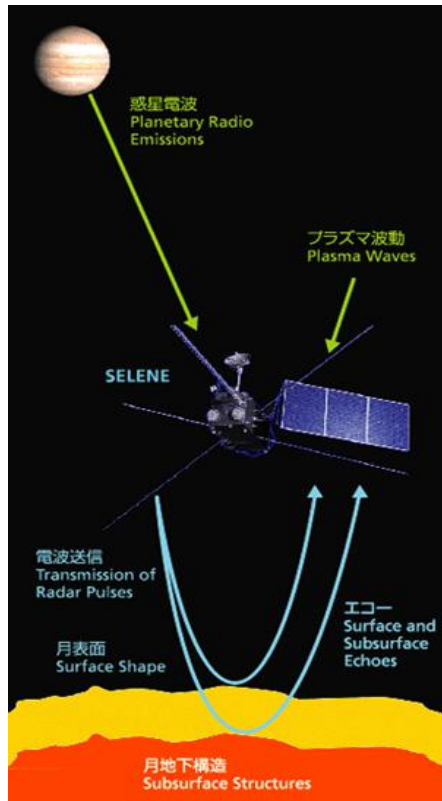


● 観測点



チョコレータ

月の地下構造の探査



暗れの海における LRS 観測データ、赤色の弧は、リッジの位置

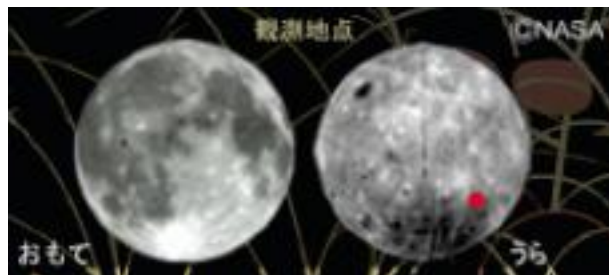
暗月面とこのデータから検出された地下反射面

© JAXA/SELENE
解析：東北大・名古屋大・京大

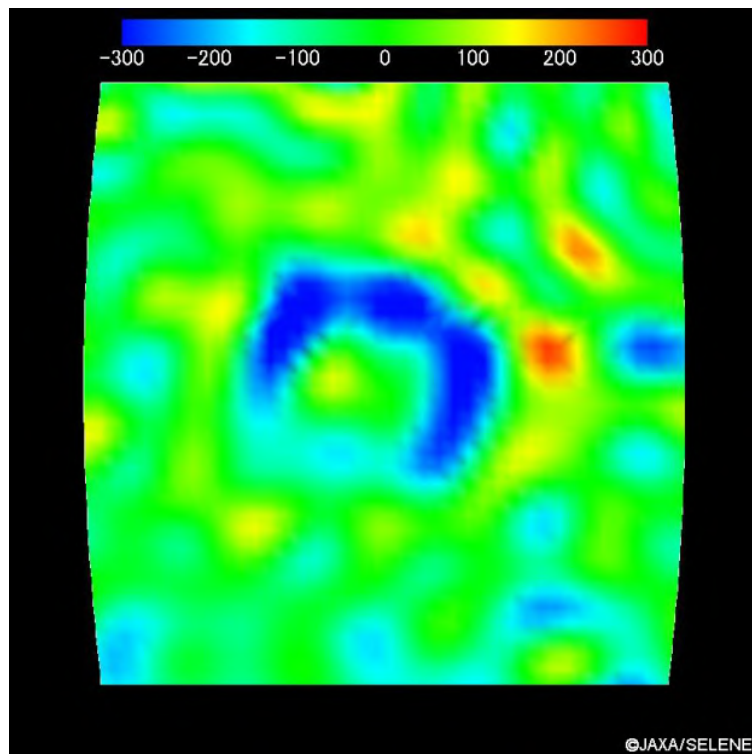
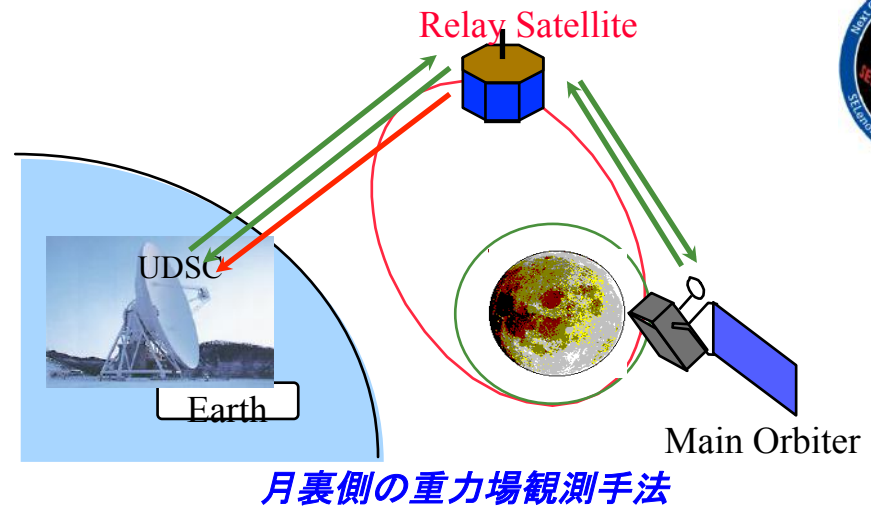
かぐやHDTV画像

月の地下の構造はこれまで殆ど調べられていない。「かぐや」は月面に向けて電波を発射し、その反射を調べる方法により地下の構造を探査した。その結果、細長く盛り上がったリッジと呼ばれる地形は、その地下構造から、冷却により月全体が収縮したためにできた表面の皺であることが判明した。年代を推定した結果、これまで考えられたよりも遅い時期まで月の冷却がおきていたことが示された。

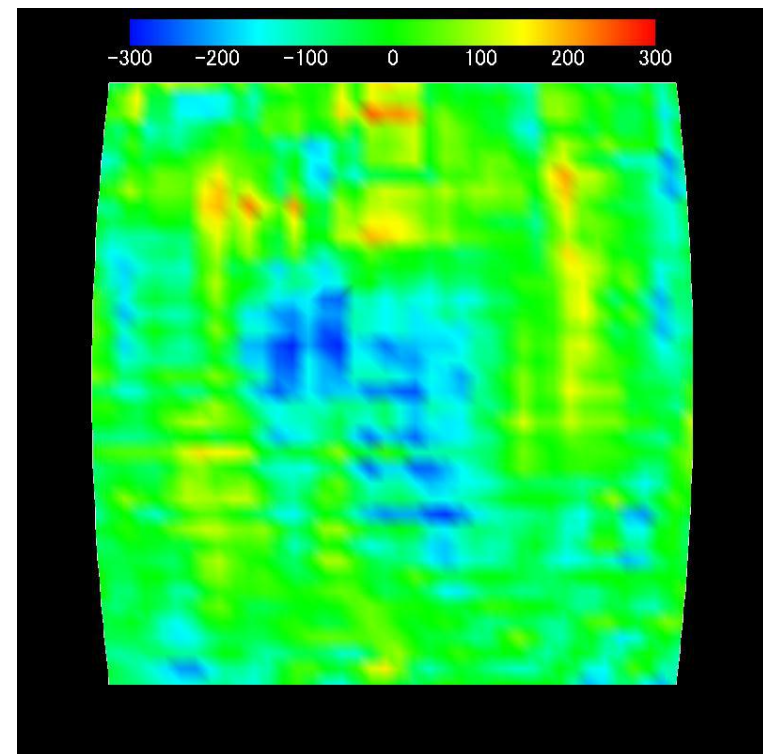
月裏側の重力場の観測



- 観測場所: アポロ盆地

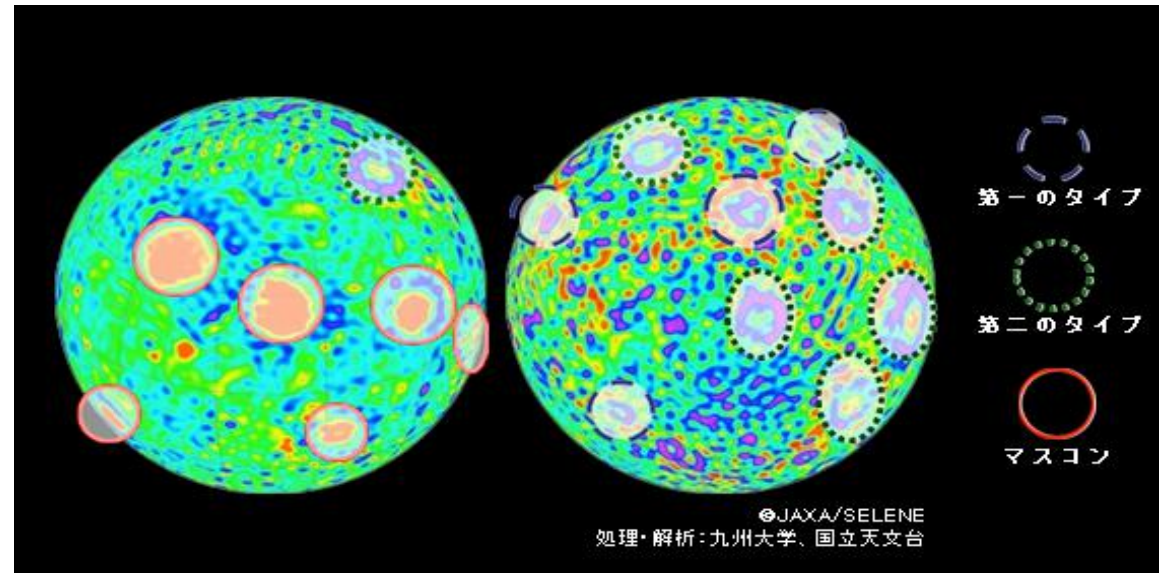
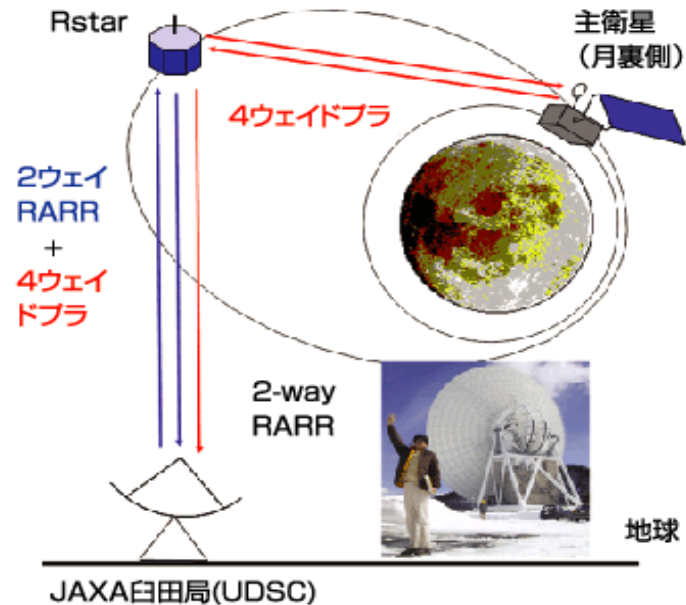


かぐやによりとらえられたアポロ盆地の鮮明な重力場



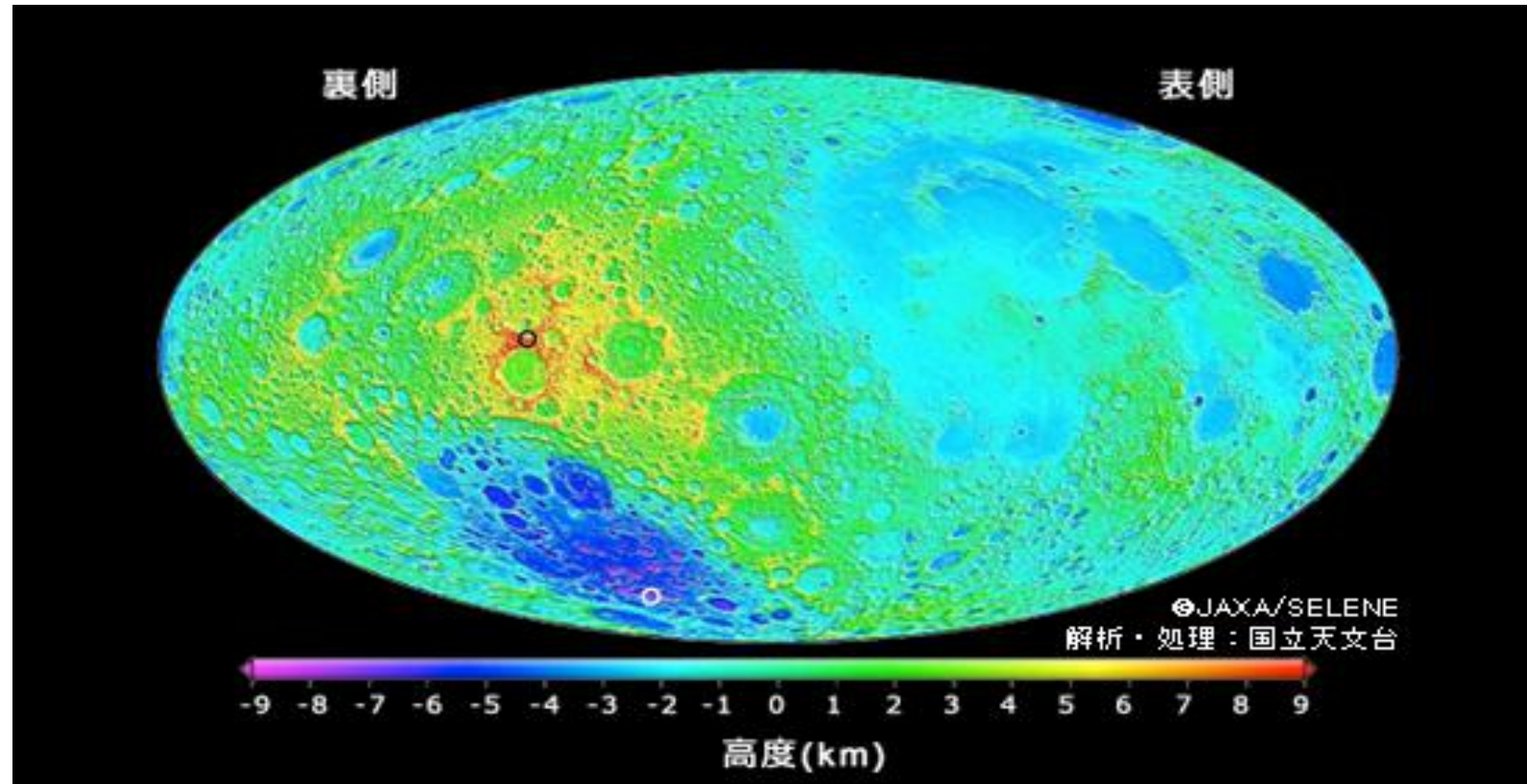
かぐや以前のアポロ盆地の重力場モデル (LP165P)¹⁷

月の裏側の重力異常



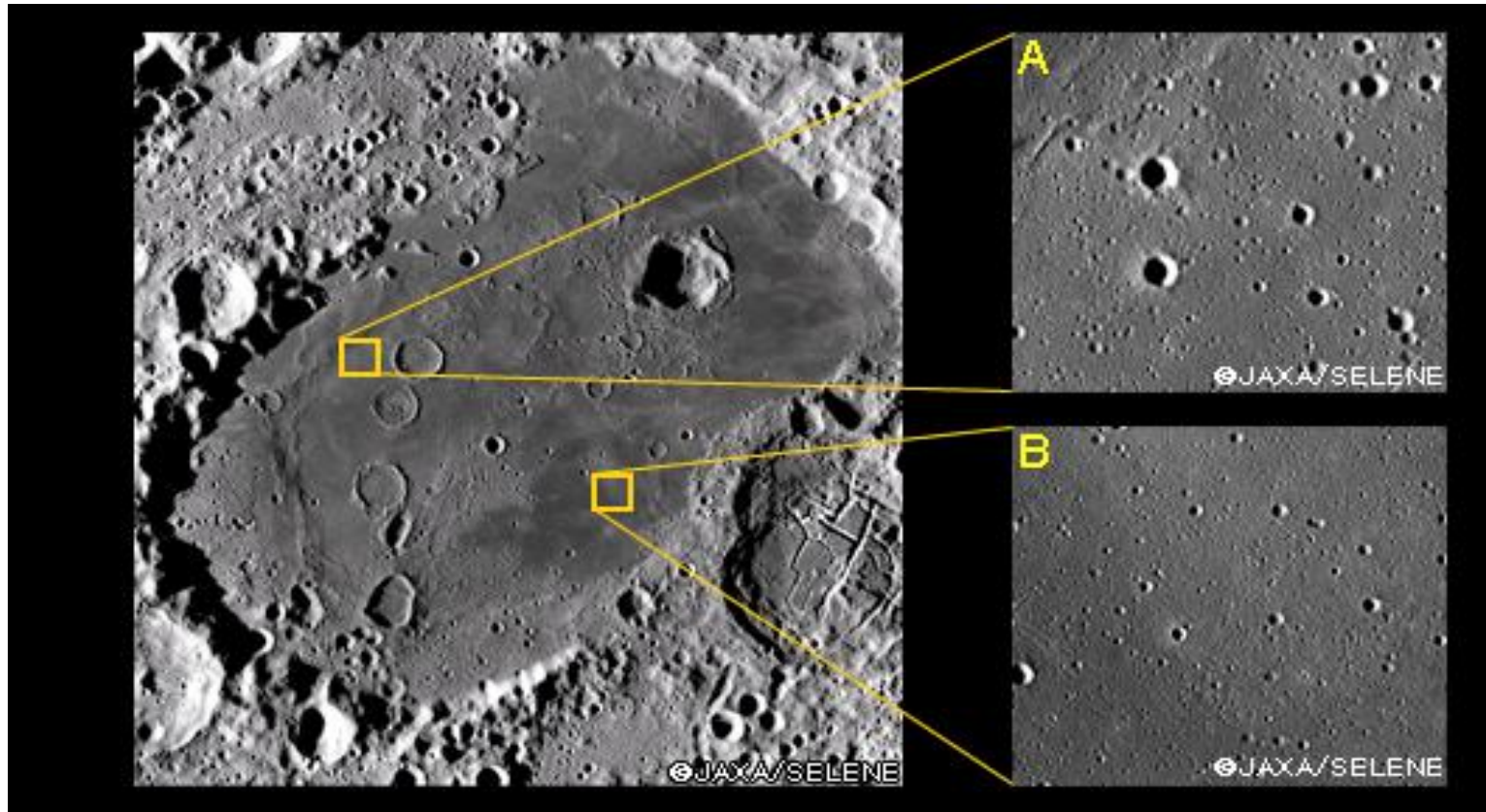
リレー衛星（おきな）を用いて月の裏側の重力場を世界で始めて直接観測した。月の表側ではマスコンと呼ばれる強い正の重力異常のあることが既に知られていたが、裏側ではクレーターや盆地の地形に対応した正負のリング型の重力異常があることが分かった。これは40億年～35億年前には月の表側と裏側の内部の温度が異なっていたこと、つまり月の二分性は表面だけでなく内部にまで達していたことを示している。

月の精細な高度地図



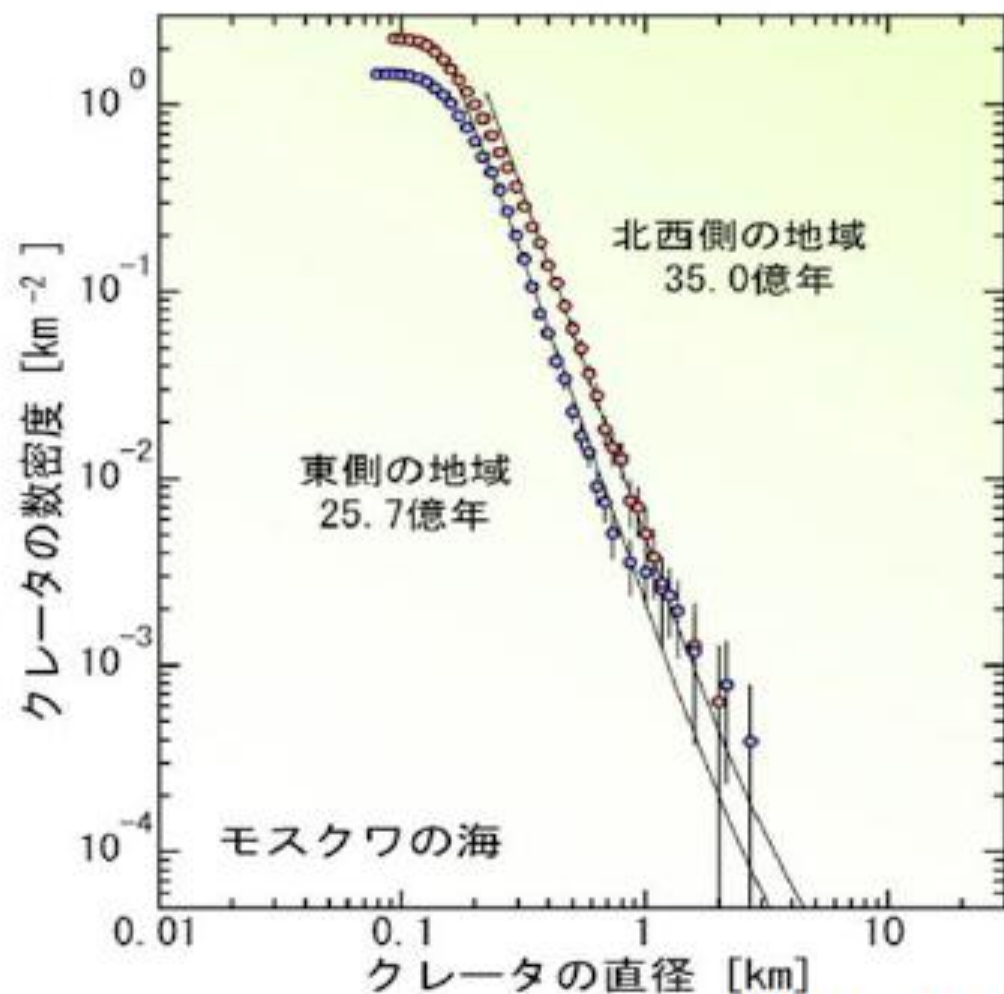
レーザ高度計により高い分解能の月全球地形図を取得した。従来の地形図と比べて200km-300km以下のサイズの地形が鮮明に見えるようになった。月の最高地点は+10.75 km、最低地点は-9.06 km、高度差は従来考えられていたよりも2km以上大きく、19.81kmであることがわかった。

クレータの分布観測を利用した月面の年代推定



10m分解能の地形カメラによって得られた画像データをもとに、クレータ年代学の手法により、月の裏側の海（モスクワの海など）の形成年代を調べた。その結果、月の裏側で、25億年前までの長い期間にわたりマグマの噴出活動があったことが判明した（図中A領域は35億年前、B領域は25.7億年前）。従来の観測データから推定されていたモスクワの海の年代は、30数億年前とされていた。

地形カメラによる月の裏側の海の年代推定 今回のクレータ個数密度計測結果 ーモスクワの海ー



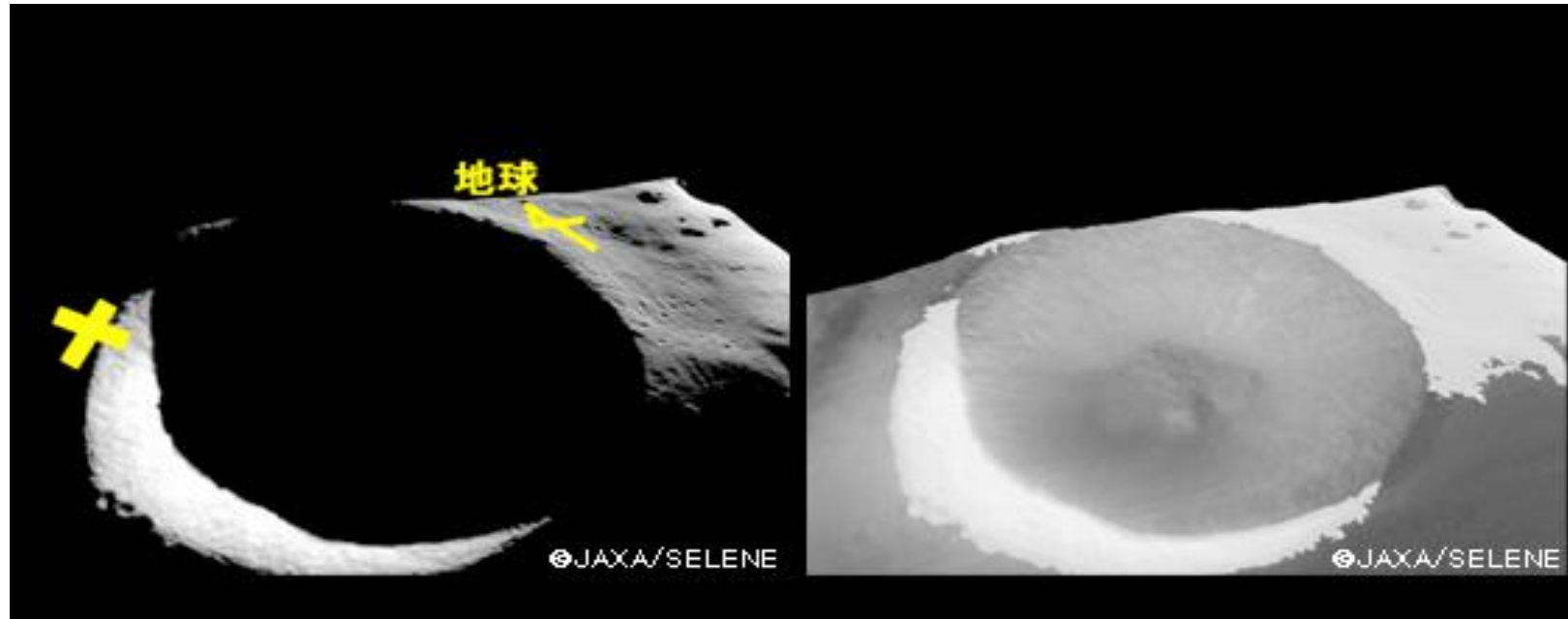
(C)JAXA/SELENE

•これまでの月の裏側の画像データでは、直径数100m程度のクレータについては、正確な直径や個数密度を調べるのが、十分に出来なかった。

•しかし、より高分解能な「かぐや」の地形カメラによって、直径200～300m以上の小さなクレータが正確に把握できるようになった。

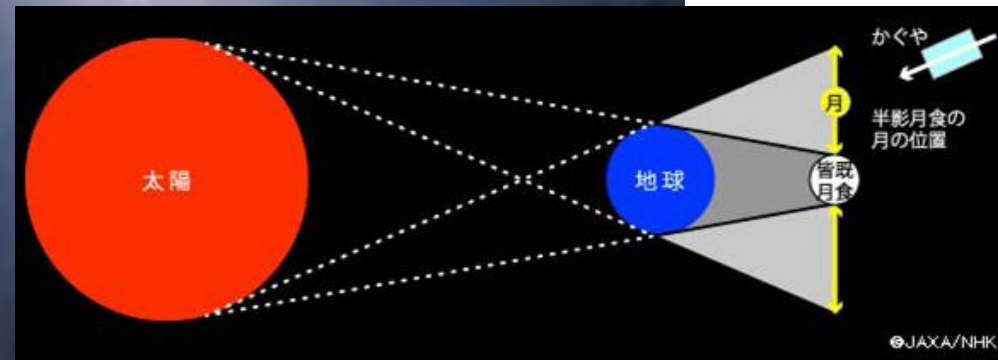
•これまでの観測データから30数億年前に形成されたと考えられていたモスクワの海では、東側の地域(前のページの東領域)で、クレータの個数密度が小さいことから、更に若く約25億年前に形成されたということが推定された。

極域の永久陰の水氷



永久に太陽光があたらない極域のクレーターの内部は極低温状態であることから、水分子が捕らえられ水氷が存在している可能性があると考えられている。しかし、地形カメラが映し出した南極付近のシャクルトンクレータの内部には、水氷による高い反射率の場所は存在せず、クレータ底部には水氷は露出した形で大量には存在しないことが判明した。以前の月探査機のデータからの推定では、水氷はあっても数パーセントとされており、「かぐや」の観測結果と一致している。

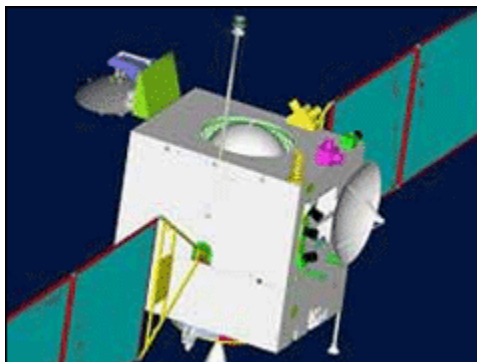
月から見た月食時の地球 ダイヤモンドリング



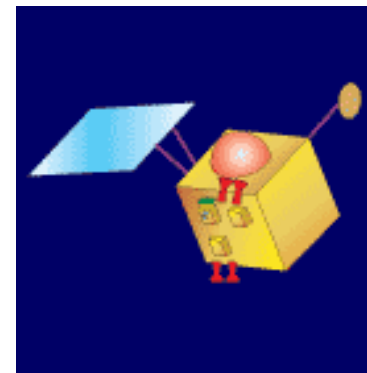
嫦娥1号, チャンドラヤーン1号との比較



SELENE



嫦娥1号



チャンドラヤーン1号

	かぐや(日本)	嫦娥1号(中国)	チャンドラヤーン1号 (インド)
打上げ時質量	2,885kg	2,350kg	1,050kg
月周回軌道高度	100km	200km	100km
定常運用期間	1年	1年間	2年間
打上げ時期	2007年9月	2007年10月	2008年4月

これからの月探査

2007年

2010年代中頃

将来

●月探査計画

「かくや(SELENE)」
周回による全体観測



SELENE-2
着陸による表面探査



SELENE-X
有人月探査を見据えた
ミッション(検討中)



日本人が月面上で長期
滞在を開始し、科学探査
及び月の利用を推進
している。(検討中)

日本人クルーの
参加の判断(状況に応じて)

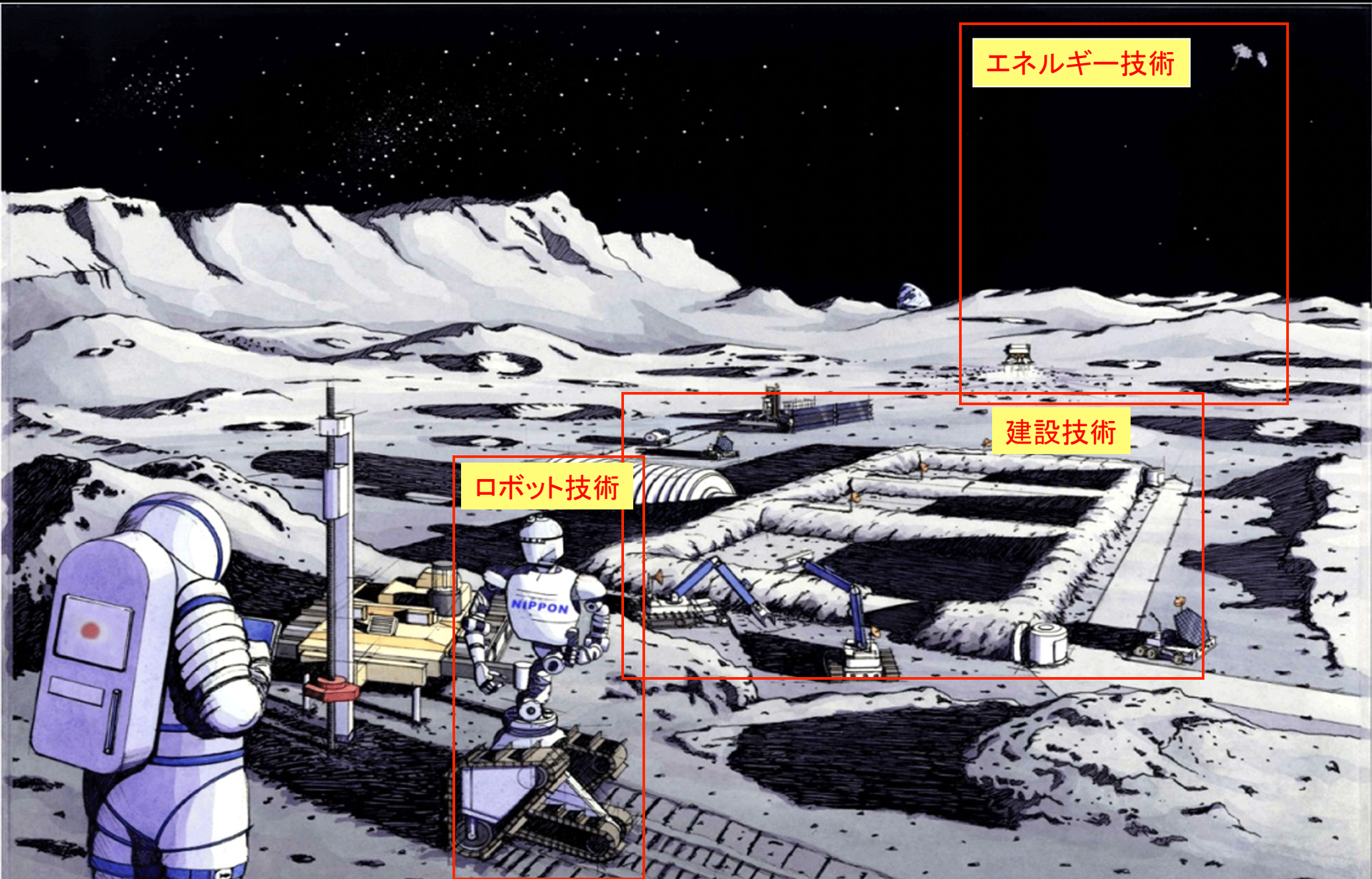
●有人技術

ISS、HTVの運用・利用等を通じて、
有人基盤技術を獲得・発展

国際月面拠点プログラム
へ参加し、日本人が月面
へ到達する。(検討中)



将来の日本の有人月探査イメージ



エネルギー技術

建設技術

ロボット技術

まとめ

1. “かぐや”はアポロ計画以来最大級の月探査計画として月の起源と進化を研究することを主目的として実施された。
2. 一年半にわたる月面の元素、鉱物、地形、地下、重力場、磁場、環境の観測を行い、多くの新しい科学的知見を得た。
3. これらの知見を整理・解釈することにより、“月の起源と進化”の解明に歴史的な進歩をもたらすことが期待される。
4. “かぐや”は科学的研究だけでなく、ハイビジョンカメラの映像やステレオカメラの画像の公開を通じて、宇宙開発や宇宙科学の面白さを社会に伝えることができた。

A painting of a blossoming tree, likely a cherry blossom, with delicate pink and white flowers. The tree's dark, gnarled trunk and branches are visible. In the upper left corner, a bright, full yellow moon is set against a dark, textured background. The overall style is soft and painterly, with visible brushstrokes and a gentle color palette.

ご静聴ありがとうございました。

絵：満月祭宴(木村圭吾、1992)