

月探査に関するこれまでの 我が国の取組と海外の動向

平成21年8月4日

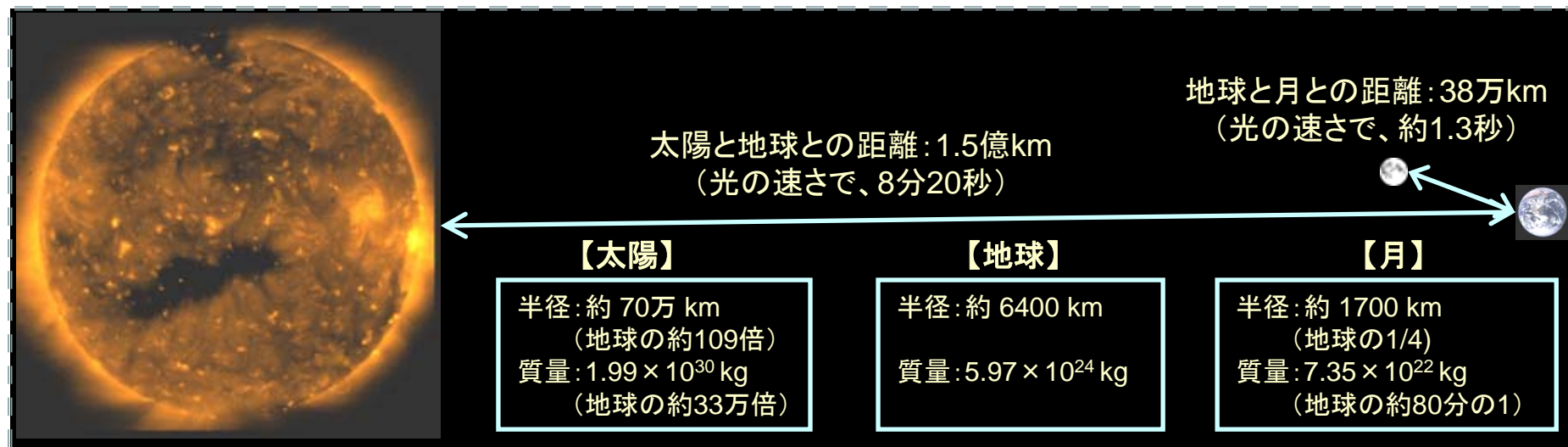
【目次】

1. 月とはどのようなものか
2. これまでの月探査に関する取組
3. 月・惑星探査に関する海外の主な動向

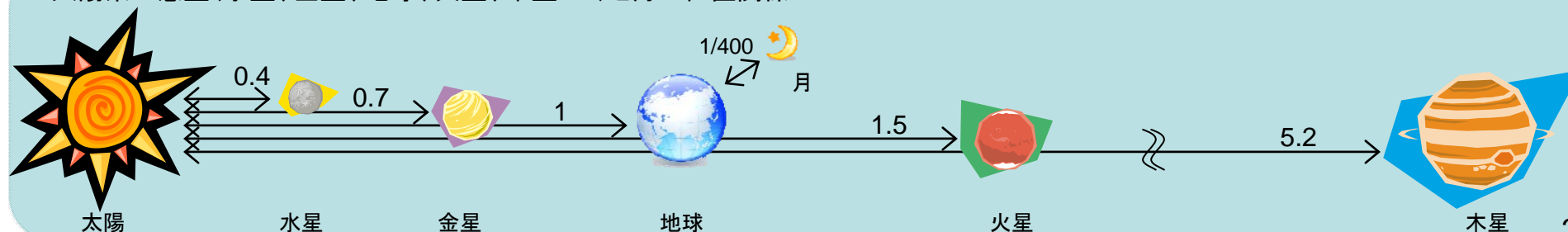
1. 月とはどのようなものか(1/4)

(1) 月に関する基礎データ(1/3)

- ・ 大きさ：半径 約1700 km
 - 長さで地球（半径 約6400 km）の1/4。体積で地球の約1/50。
- ・ 質量： $7.35 \times 10^{22} \text{kg}$ 、密度： 3.34g/cm^3
 - 質量は地球の約80分の1、密度は地球の約60%で軽い。
- ・ 月までの距離：約38万km（公転軌道は、近地点36万km、遠地点41万kmの楕円軌道）
 - 光の速さで約1.3秒。



太陽系の惑星(水星、金星、地球、火星、木星...)と月の位置関係



1. 月とはどのようなものか(2/4)

(1) 月に関する基礎データ(2/3)

- ・重力：1.62m/s²
 - 地球の重力の1/6。
- ・公転周期、自転周期：27.3日
 - 公転周期と自転周期が同じため、いつも地球に同じ面を向けている。
 - 昼が約15日、夜が約15日続く。
- ・自転軸の傾き（太陽方向に対して）：1.6度
 - 地球の23.4度に対して小さく、季節変化はほとんどない。
 - 極域のクレータの底では、全く太陽があたらない場所がある。
また、極域の高地では、ほとんど太陽が沈まない場所もある。
- ・大気：なし
 - 真空（昼間は 10^{-7} Pa (10^{-9} Torr)、夜間は 10^{-10} Pa (10^{-12} Torr))
(なお、地球上の大気圧は、1気圧 = 10^5 Pa (760 Torr))
- ・表面温度：大気がないため、昼夜の温度差が激しい。
 - 赤道域の表面温度は120°C~-170°C、
極域では-40°C~-60°C（ただし、極域クレータの底の永久日陰は-230°C）

1. 月とはどのようなものか(3/4)

(1) 月に関する基礎データ(3/3)

- ・磁場：ほとんどなし
 - 大気も磁場も無いため、強い宇宙放射線環境
月面の宇宙放射線は100～500mSv/年と推定。推定値に幅があり実際の測定が必要。
(※ 地球上では、磁場と大気により宇宙放射線は減衰し、地上で2.4mSv/年)
- ・表面の状況：
 - 月の表側は、比較的なだらかな地形が多く、その約35%が黒っぽい岩石で覆われている。この部分は玄武岩でできた「海」と呼ばれる地形であり、月の内部からしみ出した溶岩がなだらかに固まってできた地形。
 - 月の裏側には、「海」はほとんど見られず、白っぽい斜長岩からなる「高地」と呼ばれる険しい地形が多く存在。月の最高地点（高度：10750m）、最低地点（高度：-9060m）とも、いずれも月の裏側にある。
 - 宇宙からの隕石や微量粒子が大気との摩擦で燃え尽きないため、隕石衝突により表面に無数のクレータがある。
 - 月面のほとんど全面を、隕石衝突の際に飛び散った非常に細かい砂のような表土（レゴリス）が覆っている。レゴリスは細かく目が詰まって堆積しており、掘削が困難。レゴリスの平均粒径は約70ミクロン。（※ 鳥取砂丘の砂の平均粒径は、200～300ミクロン程度）
真空であるため帯電しやすく、機器や宇宙服に付着して問題を生じる。
- ・月の年齢：
 - 月の誕生は、アポロが持ち帰った「創世記の石」（月面の高地の地殻である斜長石）の年代測定などにより、約46億年前と言われている。（太陽、地球の誕生も約46億年前と言われている）
- ・その他：
 - 最大マグニチュード3～4の地震（月震）があるが、原因は未解明。

1. 月とはどのようなものか(4/4)

(2) 未だに残る月の謎

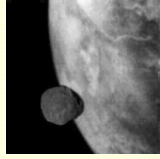
写真:(C)NASA

○月はなぜ、これほど大きいのか
(地球に対する月の大きさの比率は、他の惑星の衛星と比較してとても大きい。月は他の衛星と異なる起源を持つのか)



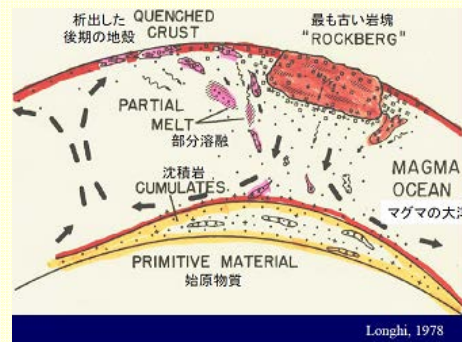
月の半径: 1700km
地球の半径: 6400km
★月は地球の1/4の大きさ

火星とその衛星フォボス



フォボスの半径: 13×11×9 km
火星の半径: 3400km
★フォボスは火星の1/100の大きさ

○マグマの海はどんな様子だったか
(月が誕生して間もない約46億年前には、マグマの海があったと言われているが、実際にはどのような様子であったか)

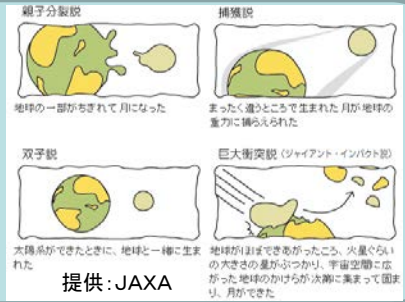


○月の磁場はなぜ無くなったのか
(地球と同じように、月にもかつて磁場があったと考えられているが、現在はほとんどない。どうしてなくなったのか)

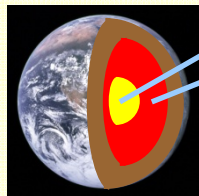
- アポロ計画で持ち帰った月の石を調べるとわずかに磁場があることがわかった。
- 強い残留磁場がローカルに見られる。
- 現在の月磁場は地球の10万分の1

【これら全ての謎は、月の科学的解明を目指す上でのもっとも根源的な謎「月の起源と進化の謎」に通ずる】

- 月の起源?! 一月はどのようにしてできたのか?
→有力説: 原始の地球に火星サイズの原始の惑星が衝突して月ができた
⇒「ジャイアントインパクト説」
- 月の進化?! 一月が今の姿になった理由は?



○月の内部構造はどうなっているか
(地球と同じような金属でできた核(コア)があるのか。あるとしてもどのくらいの大きさか。核と思われる部分の大きさの推定値も様々で定説がない)



固体の内核 地核
液体の外核 マントル



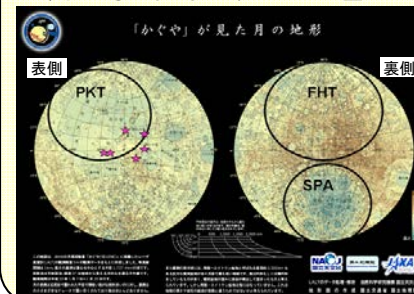
核?

地球の核(半径)/地球の半径: 3500 / 6400 km
月の核(半径)/月の半径: 250-450? / 1700 km

これらの謎を解き明かすために必要な探査とは?

本懇談会のテーマのひとつ

○月の表側と裏側はなぜこんなに違うのか
(月はいつも地球と同じ面(表側)を見せている。表側は比較的なだらかな海と呼ばれる地形が多く、逆に裏側は海が少なく、凹凸に富んだ険しい地形が多い)



月の地形図

- PKT: 「嵐の大洋」を中心とする月の表側のなだらかな地形の地域
- FHT: 月の裏側の険しい高地の多い地域(月の最高地点がある)
- SPA: 月の裏側にある月面最大の盆地の地域(月の最低地点がある)

2. これまでの月探査に関する取組(1/8)

(1) これまでの各国の月探査について

1959年～1976年までは、月は米ソによる宇宙開発競争の舞台となった。当時は国威発揚、月面有人到着が優先され、科学的な探査は十分ではなく、月のごく一部にとどまった。（詳しく調べたのは月の表側の赤道域から中緯度域のみ）

月探査はそれ以降十数年間行われることはなかったが、1990年代に入り、日本が次々と月探査計画（ひてん／LUNAR-A（計画中止）／かぐや）を立ち上げ、実施。欧州、中国、インドも独自に月探査機を送り込んだ。アメリカも月の資源探査や有人基地建設のための調査、火星有人探査への布石などから数多くの月探査機を送り込んでいる。

米ソの宇宙開発競争	1959年	ルナ1号(旧ソ連)が初めて地球の重力を離脱、月近傍を通過。ルナ2号で世界で初めて月面に到達(衝突)
	1966年	ルナ9号(旧ソ連)が世界で初めて月面軟着陸に成功
	1969年	アポロ11号(米)が月面に着陸、人類が初めて月に到達。岩石、表土のサンプルを採取して地球に帰還
	1970年	ルナ16号(旧ソ連)が無人機により月のサンプルを採取して地球に帰還
	1972年	アポロ17号(米)が月着陸。米国の月探査は以降中断
	1976年	ルナ24号(旧ソ連)が無人機によるサンプルリターン。旧ソ連の月探査は以降中断
<i>10数年の月探査のブランク時代</i>		
日欧の技術的探査規模の縮小	1990年	ひてん(日本)が月の重力を利用した軌道変更に成功。主目的は工学実験機。1993年に月面衝突
	1994年	クレメンタイン(米)打ち上げ。1996年に電波による観測で、月の南極に氷がある可能性を発見
	1998年	ルナプロスペクター(米)打ち上げ。クレメンタインとは別の手法(中性子測定)により氷の存在の可能性を示唆するデータを取得。1999年に南極に落下し、巻き上がった土壌を地球から観測したが、氷は確認できず
	2003年	スマート1(欧州)打ち上げ。鉱物資源の調査などを実施し、2006年に月面衝突
中印の本格的な探査シリーズの計画	2007年	かぐや(日本)打ち上げ。重力や鉱物の調査などを実施し、2009年に月面衝突 嫦娥1(中国)打ち上げ。鉱物の調査などを実施し、2009年に月面衝突
	2008年	チャンドラヤーン1(インド)打ち上げ。月表面の鉱物・化学組成の観測などを実施中
	2009年	ルナリコネッサンスオービター(米)打ち上げ。月の水分の探索、地形調査等を予定

2. これまでの月探査に関する取組(2/8)

(2) アポロ計画について(1/2)

アポロ計画は、1961年から1975年にかけて行われた、人類を月面に到着させることを目的とした米国の宇宙飛行計画。この計画を達成するために、有人宇宙船やそれを打ち上げるための有人ロケットを開発。

アポロ計画では、のべ40万人、総額約200～250億ドル（現在の価値では1000億ドル以上）を投入したと言われており、27人を月へ送り、そのうち12人が月面に降り立った。

月面での滞在時間は、6回の月面着陸ミッション合計で約12.5日。短い滞在時間の中で可能な限り観測や調査が行われ、約400 kgの月の石、砂が地球に持ち帰られている。



アポロ計画では、全て月の表側の中低緯度地域に着陸。



資料出典：(C)NASA

○	4号	1967年11月	ロケット試験・宇宙船帰還試験
○	5号	1968年1月	月着陸機の機能試験
○	6号	1968年4月	宇宙船の機能試験
●	7号	1968年10月	地球周回軌道、宇宙船有人試験
●	8号	1968年12月	月周回、宇宙船有人試験
●	9号	1969年3月	地球周回軌道、月着陸機の有人試験
●	10号	1969年5月	月周回、全機能試験
●▲	11号	1969年7月	月着陸
●▲	12号	1969年11月	月着陸
●	13号	1970年4月	月周回
●▲	14号	1971年1月	月着陸
●▲	15号	1971年7月	月着陸
●▲	16号	1972年4月	月着陸
●▲	17号	1972年12月	月着陸

1号は事故、
2号、3号は欠番

○: 無人飛行
●: 有人飛行
▲: 月着陸

総額約250億ドルを投入（最盛期には、米国政府予算の約2.5%に相当する年間約30億ドルを投入）したとされている。開発途中に人的な犠牲も払うこととなり（アポロ1号）、また、運用段階でも危機的な状況にも遭遇（アポロ13号）。

2. これまでの月探査に関する取組(3/8) (2) アポロ計画について(2/2)

アポロ計画を進めることにより、宇宙開発そのものだけでなく、その周辺の広範囲にわたる技術や信頼性、特にシステム工学と呼ばれる分野の発展がなされた。NASAは、多岐に亘る固有の技術レベルを最大限に高めつつ、全体として統制の取れた最適な状態を実現するためのシステム工学を確立することで、この巨大なプロジェクトを成功させたと言われている。その他、アポロ計画にインスパイアされて、理科系の学生が増加するなど、当初の「月まで行って帰ってくる」以上の大きな成果が残されたと言われている。

また、アポロ計画に使われた誘導コンピュータが、LSI等の半導体の発展に大きく寄与するとともに、燃料電池、フリーズドライ食品、形状記憶合金、デジタル画像技術等現代社会の技術基盤の発展を加速した。計画に投じられた巨額の資金による経済的効果に加え、大きな経済波及効果があったと言われている。

●アポロによるスピノフ事例

【LSI等の半導体】

アポロ計画による小型・軽量の誘導コンピュータの発展はLSI等の集積回路技術の進化に寄与し、同時期に行われていたミニットマンミサイルでは量産化技術の向上に寄与。これらの計画が1960年から1963年まで生産されたICをほぼ全て買い取り、製造技術の向上により製品価格が1/40になって、それ以外の需要が生まれることになったと言われている。

【燃料電池】

家庭用や自動車の発電動力源として利用が見込まれている燃料電池は、NASAのアポロ計画の宇宙船に搭載された。直ちに普及することはなかったが、1990年代以降の燃料電池開発に大きなインパクトを与えていると言われている。

【長期保存食品】

NASAの本格的な宇宙食の研究開発により、お湯を入れて戻して食べるフリーズドライ製法という技術が生み出された。

【形状記憶合金】

月着陸船開傘式アンテナに利用されるようになり、実用材料として注目を集めた。現在では様々な身近な商品に利用され、その市場規模も大きい。

【先進医療機器】

月や近傍宇宙の画像処理に必要となる、デジタル信号処理、画像技術の研究開発によりCTスキャン及び磁気共鳴画像(MRI)の革新的医療機器の誕生を促した。これらの機器により、切開等痛みを伴う方法を使わずに人体内部の状況を短時間で診ることができるようになった。

2. これまでの月探査に関する取組(4/8)

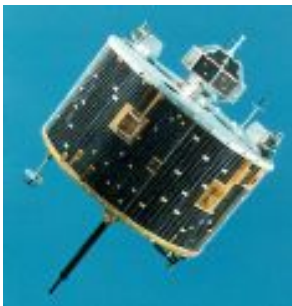
(3) これまでの我が国の月探査の取組

平成2年（1990年）に打ち上げた月探査機「ひてん」により、米ソに続く月周回・月面到達を達成した。

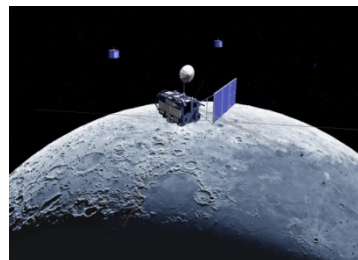
平成19年（2007年）に打ち上げた「かぐや」では、月全表面の鉱物分布／元素分布、磁場のこれまでにない高精度な観測や、世界で初めて月の裏側を含む重力の全球観測を行うなど、同時期に打ち上げられた中国、インドの探査機と比較しても、これまでの最高性能の月探査を行った。

現在、将来の月探査に向け、観測装置を月に貫入させるためのペネトレータの技術蓄積や、月面着陸技術、約15日間の夜を乗り切るための越夜技術、月面を移動し、観測するためのローバの技術、地球への帰還技術などの研究を進めている。

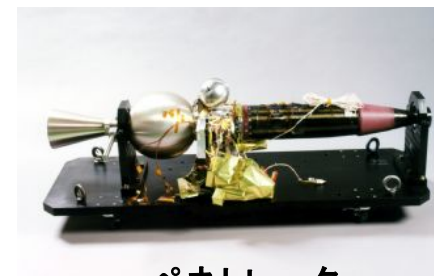
また、小惑星探査機「はやぶさ」では、探査機を小惑星へ高精度で誘導・制御する技術を確立しており、将来の月探査にも活かされる。



ひてん・はごろも
(月周回軌道への投入)



かぐや
(月周回からの観測)

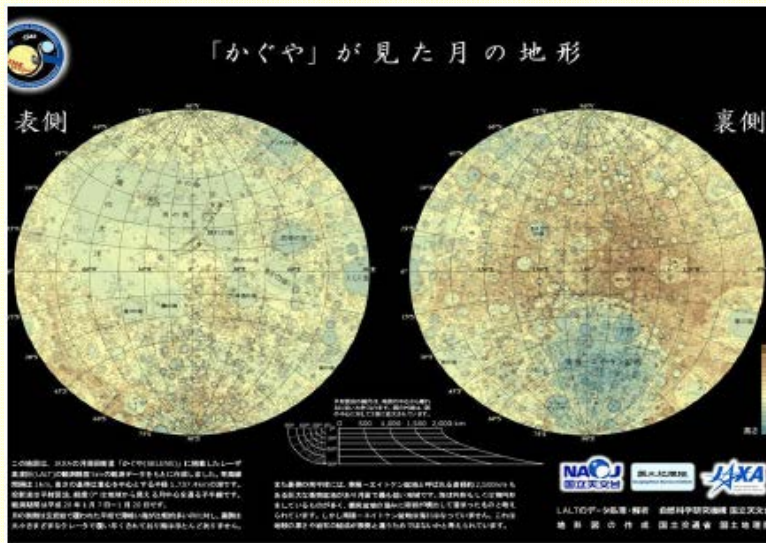


ペネトレータ

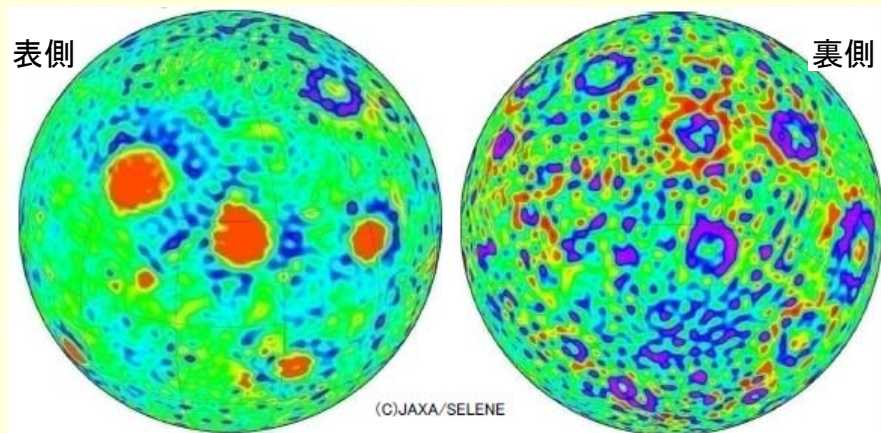
2. これまでの月探査に関する取組(5/8)

(3) これまでの我が国の月探査の取組 (かぐやの科学的成果)

○全球の詳細な地形図を作成 (最高地点は10.75km、最低地点は-9.06kmで、高度差は従来考えられていたより2km以上大きかった)

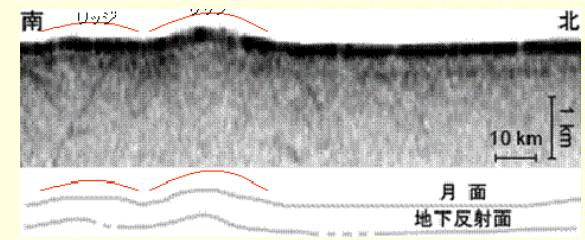
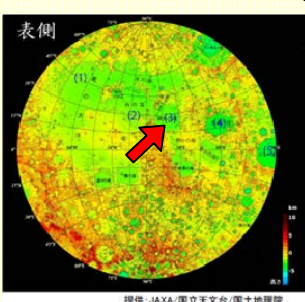


○月の裏側の重力異常を初めて明らかにした (月の盆地の重力異常は、月の内部構造や進化に強く関連していることが推定される。重力異常は、平均重力の0.1%程度)

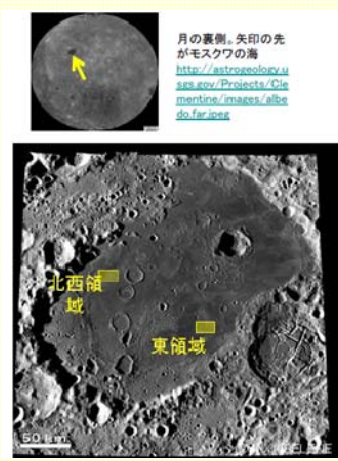


かぐや重力場モデル (SGM90d *3) による重力異常図。左は月の表側を北東から見下ろした図。右は裏側を南西から見上げた図。赤色は重力が強い地域を、青色は弱い地域を表している。(処理・解析: 九州大学、国立天文台)

○月の表側の海の部分の地下数百メートルの深さに層状構造があることを発見 (2回の火山活動により海が二層構造になっていると推定)



○月の裏側でのマグマ噴出の長期継続を発見 (月の裏側の火山活動は、30億年前ごろには終わったと考えられていたが、少なくとも25億年前まで内部活動が継続していたことを発見した)



○その他

- ・ 1年中日が当たる場所がないことを確認
- ・ 南極のクレータ (シャクルトンクレータ) 内表面に氷がないことを確認
- ・ 月の日照率マップの作成

など

2. これまでの月探査に関する取組(6/8)

(3) これまでの我が国の月探査の取組（かぐやのその他の成果）

(1) 技術的成果

- ①月周回軌道への投入技術の確立
- ②月周回中の探査機の3軸姿勢制御・熱制御・軌道制御技術の確立
- ③月の裏側の周回衛星の軌道決定のための通信技術の確立 など

(2) 経済波及効果

「かぐや」の開発に、延べ約3000名の衛星システム開発・地上システムの開発の技術者が国内メーカーで従事し、最先端の宇宙技術開発のための人材育成および知識の継承に貢献した。特に「かぐや」においては、観測機器開発などにおいて、高精度な球面形状加工技術やコーティング技術など、中小企業が持つ先端技術も開発に活かされている。

(3) 普及啓発

- ハイビジョンカメラによる「地球の出」「ダイヤモンドリング」、地形カメラによる3次元動画等の国内外のプラネタリウム・科学館・教育現場へのDVD配布（約2000箇所）
- 特別番組の編成とマスコミを通じた普及啓発
（取材対応約90件。他特別番組やニュースなど）
- 教育機関や、科学館などでの一般講演による普及啓発
（約200件 平成19-20年度）
- 地球の出、月面画像を、小・中学校の理科教材で使用
- YouTubeによるハイビジョン映像の公開
（2008年12月から2009年3月末までの約4ヶ月間で10万回以上のアクセス）
- Google Moonへの地形データ提供



2. これまでの月探査に関する取組(7/8)

(4) 月探査の主な科学的成果

		アポロ (米国) 有人着陸	ルナ (旧ソ連) 無人着陸	クレメンタイン (米国) 無人月周回	ルナプロスペクタ (米国) 無人月周回	かぐや (日本) 無人月周回	今後? ロボット、または、人とロボットの連携による月探査により、例えば...
月の起源	内部構造	月震、磁場等によりコアサイズを測定(粗い精度)			月周回軌道の変化などからコアサイズ推定(250-450km)	月周回軌道の変化の精密計測によるコアサイズ推定(解析中)	高精度の地震計を各地に埋め込み、月震を多地点同時計測して内部構造を解明
	磁場 (初期のコア溶融)	磁気を帯びた石の発見により、かつて月に磁場があったことを示唆			初の全球磁場観測	全球の磁場観測を1桁以上高精度で実施	月周回軌道と月表面との同時観測による内部構造の推定と、月全体の磁場分布モデルの確立
	物質	赤道域の岩石や表土(レゴリス)の調査。岩石の年代の決定、表土の成分分析(酸素、金属、水素、ヘリウム)など	無人着陸機により表土を採取して帰還(成果不明)	鉄やチタンに富む地域の発見(分解能100m-)	鉄、チタン、放射性元素の分布の測定(分解能: 数10km-)	斜長石、かんらん石などの鉱物の全球分布取得、ウランなど放射性元素やアルミニウムなど主要元素の高精度分布観測	海、高地、クレータ等、様々な特徴ある地点で穴を掘るなどして物質を採取し、月内部も含めた地質構造を推定
	表裏の違い (二分性)	質量中心と形状中心がずれていることを発見	月の裏側を初めて撮影		地形でなく物質により表裏の特徴を分類	裏側重力の直接観測、地形、高度分布の高精度測定、質量中心と形状中心の差の測定	月の裏側に着陸して物質を採取し、表側の物質と実際に比較分析し、その違いの原因を解明
	マグマの海 (地殻形成)	マグマの中で生成する斜長岩の採取により、「マグマの海」の仮説				全球に亘り、純度の高い斜長岩の分布を計測。「マグマの海」の存在の裏付け	「マグマの海」の痕跡のある地点の物質の採取、分析や月震による月の海の底の計測等を通じ、その構造、進化を解明
	火山活動 地殻変動	岩石の特徴調査。年代推定(分解能100m-)				裏側での火山活動の長期継続を発見。月の冷却による褶曲(地層の曲がり)を発見	火山活動・地殻変動の痕跡のある地点の物質の採取、分析により、その生成プロセスを調査
月の利用	氷など			電波観測により、氷が存在する可能性を発見	中性子観測により、極域に氷や軽元素が存在する可能性のあるデータを取得	シャクルトン・クレータ(南極のクレータ)の永久影の表層には氷がないことを確認	地球資源に頼らない月資源の利用可能性などの確認

2. これまでの月探査に関する取組(8/8)

(5) 月の利用の可能性

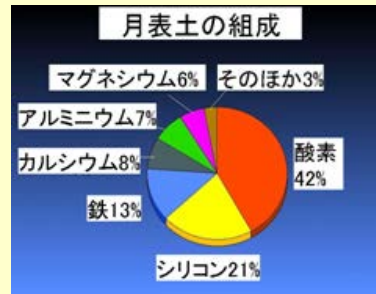
○物質・エネルギーの利用:

月にある物質を宇宙探査に活用

→必要な物を現地調達する技術の獲得は、地球資源に頼らない宇宙開発利用への転換

- 酸素

月の表土(レゴリス)は金属酸化物であり重量の4割は酸素。還元により抽出可能。



- 金属

酸素抽出の副産物として、鉄、チタンを得ることが可能。また、シリコン、アルミニウムなども豊富。

- 水素、水

太陽風に含まれる水素が表土(レゴリス)に付着。また、極域の永久影の地中には彗星由来の氷が存在する可能性。

- ヘリウム3

太陽風に含まれ表土に付着。核融合発電の燃料

○場の利用:

月を人類の新たな活動の場所として活用

-月面低周波電波天文台

月の裏側では、地上の人工電波源などの影響が無く、地球上では困難な10MHz以下の低周波の電波観測が可能



-月面重力波天文台

月面での真空、地球に比較し振動の少ない環境を利用し、地球上では困難な、安定した大型の重力波観測設備(重力波検出用レーザ干渉計)を構築可能

-宇宙医学・生物学のデータ取得

宇宙放射線による影響や1/6Gの生物への影響の把握が可能



-探査技術の実験場

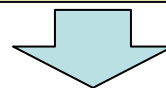
火星探査に向けた技術実証の場として活用可能

-観光地としての利用

現在の技術で、観光として現実的な期間(1週間程度)で往復できる唯一の天体

○物質と場の利用:

- 月面活動拠点 レゴリスを焼き固め天文台や実験場などの建築材料、放射線防御壁に利用
- 月面発電所 月面の豊富なシリコンで太陽電池を製造。月に敷き詰め地球に送電する構想も



今後、上記のような利用の可能性を明らかにするためには、様々な視点からの調査が必要。例えば...

ダスト環境計測

地盤特性計測

日照・日陰環境

放射線計測

温度環境計測

物質調査

3. 月・惑星探査に関する海外の主な動向(1/3)

○ 米国（NASA 米国航空宇宙局）：

- ・ ブッシュ政権では、新しい有人宇宙船の開発、有人での月再着陸、有人火星探査等を目標とする宇宙探査構想に基づく計画が進んでいた。オバマ政権では、探査構想の中核をなすNASAの有人宇宙飛行計画について「米国有有人宇宙飛行計画再検討委員会（Review of U.S. Human Space Flight Plans Committee）」を設置し、再検討を行っている。スペースシャトル引退後の安全で革新的かつ適正な予算で持続可能な、有人宇宙飛行計画に関する選択肢等を検討中であり、2009年8月末までにその検討結果が取りまとめられる予定。
- ・ 上記再検討の結果により今後の計画、国際調整などに影響があると想定されるが、これまでの米国の動向については、概ね以下括弧内のとおり。

- ・ これまで、ブッシュ政権時代の宇宙探査構想に基づき、今後の探査計画について、国際宇宙探査協働グループ（ISECG：16ページ参照）の枠組みに加え、ESA、JAXA等との協力に向けた2国間調整を行ってきた。
- ・ これからのISS（国際宇宙ステーション）の利用計画の一つの柱として、ISSを将来の探査プログラムのための技術実証の場として利用することを構想中。
- ・ 有人月面拠点にむけた無人月探査として、2009年6月にLRO（ルナリコネッサンスオービター：着陸地点の決定、資源調査、月環境調査）及びLCROSS（永久影域の氷の存在調査）を打上げ実施。今後、LADEE（ダスト（塵）観測）及びGRAIL（重力場計測。着陸地点決定の精度向上に貢献。）を予定(2011-12年頃)。
- ・ ILN（国際月ネットワーク）構想（※）に、各国へ参加を呼びかけ、現在8機関が関心表明。
※ 月面に6-8箇所の観測ポイントに観測機器（月震計や熱流計）を設置して科学観測を行うもの。
8機関：ASI：伊、BNSC：英、CNES：仏、CSA：加、DLR：独、ISRO：印、JAXA：日、KARI：韓。左記のほかCNSA：中もオブザーブ参加

○ 欧州（ESA 欧州宇宙機関）：

- ・ 2030年頃の有人火星探査を最終目的とした「オーロラプログラム」の前段として、月への無人着陸機(MoonNext等)や有人月探査の検討を行っている。
- ・ 有人月探査に関しては、将来の有人宇宙飛行及び探査における欧州の役割を分析するためのシナリオ検討等が行われており、ISECGの枠組みにおいて積極的に活動中。また、NASAとの協力に向けた、2国間の話し合いも進めている。

3. 月・惑星探査に関する海外の主な動向(2/3)

○ 中国（CNSA 中国国家航天局）：

- ・独自の月探査計画（嫦娥（じょうが）計画、有人月探査）を進めている。2007年に嫦娥1号の打ち上げ実施。2011年迄に嫦娥2号による月周回、2012年迄に月面着陸、2017年に月面サンプル回収、2030年に中国初の有人月探査、2040年に有人の月面短期滞在、2050年に有人火星探査を計画中。
- ・月探査の目的として、国威発揚と、将来の資源利用を念頭に置いている模様。

○ インド（ISRO インド宇宙研究機関）：

- ・無人月探査計画として、チャンドラヤーン1号（2008年：月周回）、同2号（2013年頃：着陸予定）を展開中。国際協力により月探査を実施（1号には欧米センサを搭載、2号では月面探査車をロシアが開発）。
- ・宇宙飛行士3名が搭乗可能な有人宇宙船の開発も計画している模様。

○ 韓国（KARI 韓国航空宇宙研究所）：

- ・2007年11月に決定された「宇宙開発プロジェクト詳細ロードマップ」の下、2020年までに月探査衛星1号機(周回機)を、2025年迄に月探査衛星2号機(着陸機)の打ち上げを計画中。
- ・また、2008年8月6日の韓米首脳会談で、米国との宇宙探査や宇宙科学分野での協力強化に合意したことで、米国のILN計画への参加に積極的。

○ ロシア（ROSCOSMOS ロシア連邦宇宙局）：

- ・ソユーズに替わる新型有人宇宙船（低軌道用）を計画中。
- ・有人月面拠点については、ISECGに参加しつつ、様子を見ているところ。
- ・無人月探査に関しては、ペネトレーターを搭載するluna-globや月面探査車（印との協力）等を計画中。

○ イギリス（BNSC 英国国立宇宙センター）：

- ・探査への関心はあり。オーロラプログラムが主。
- ・無人月探査では、NASAと協力しつつ、ペネトレータを積んだ月周回機（MoonLite）、着陸機（MoonRaker）を計画。

3. 月・惑星探査に関する海外の主な動向(3/3)

○ カナダ（CSA カナダ宇宙庁）：

- ・ 2008年に探査計画（Exploration Core Program）を開始し、概念検討等を実施。2009年には月・火星の探査車のプロトタイプ開発等に向けて予算面も含めて探査計画下の活動が活発になる様子。
- ・ 将来の探査プログラムでは、ISS計画等での実績をベースにロボティクスを中心にカナダ独自の技術貢献をすることを目指しており、有人月面拠点構想に対しては、カナダ人が月面到達するための協力調整（探査車、資源利用、軌道上サービス等）をNASAと開始している様子。
- ・ ISS計画では、有人宇宙技術（特に宇宙飛行士の搭乗、医学関係研究等）とカナダアームに代表されるロボティクスを中心に取り組んでいる。

○ 多国間国際協力の動向：

<国際宇宙探査協働グループ>

- ・ ブッシュ大統領の宇宙探査構想の発表を契機として、米国が世界の宇宙機関に対し国際協力を呼びかけ、2006年、14宇宙機関（日本はJAXA）による国際探査戦略（GES）の検討が開始された。その協働活動の枠組みとして、国際宇宙探査協働グループ（ISECG）が設立（インドを除く13宇宙機関が参加）。
- ・ 国際約束のような強制力を持った作業分担ではなく、各国の独自性を発揮しつつ、全体として整合性のあるプログラムの構想を目指す緩やかな分業が志向されており、主として国際協働の調整の場として活用されている。
- ・ 現在、各国において探査シナリオ等の検討活動が行われており、2010年6月頃を目処に、今後の検討にあたって参照すべき共通の国際探査構想のとりまとめが行われる予定だが、米国の有人宇宙計画の再検討の影響を受けるものと思われる。なお、会合には、各宇宙機関長の出席が求められている。

GES14宇宙機関：ASI(イタリア宇宙機関)、BNSC(英国国立宇宙センター)、CNES(フランス国立宇宙研究センター)、CNSA(中国、国家航天局)、CSA(カナダ宇宙庁)、CSIRO(オーストラリア連邦科学産業研究機構)、DLR(ドイツ航空宇宙研究センター)、ESA(欧州宇宙機関)、ISRO(インド宇宙研究機関)、JAXA(宇宙航空研究開発機構)、KARI(韓国航空宇宙研究所)、NASA(米国航空宇宙局)、NSAU(ウクライナ国立宇宙機関)、Roscosmos(ロシア連邦宇宙局)

GES: Global Exploration Strategy / ISECG: International Space Exploration Coordination Group