

第一回 重量天体(月火星) 着陸探査シンポジウム

月有人活動を見すえた 月着陸科学探査

JAXA/宇宙研 太陽系科学研究系
春山 純一

月有人活動を見すえた 月着陸科学探査

- ①「地球形成を、月を通して読み解く」
～月のマグマオーシャンによる成層構造は成ったのか?～
- ②「月の火成活動のバリエーションを把握する」
～月独特の火山様式はあるのか?～
～月の火成活動に水の関与があるのか?～
- ③「月に、人類の宇宙への進出の橋頭堡を築く」
～月に、人類の宇宙への進出の橋頭堡を築くことはできるのか? そこに科学はどう貢献するのか?～

①「地球形成を、月を通して読み解く」 ～月のマグマオーシャンによる成層構造は成ったのか?～

<背景>

- 月地殻は全溶融しての成層構造なのか?
- ・全溶融したい月地殻(?)
- ・プランケット効果(松井-阿部理論)の検証
- ・計算機シミュレーションの制約条件
- =>温室効果?
- (サイズと構造だけでないファクタ?)
- =>内部構造進化=>主惑星との共進化モデルへの制約=>生命誕生への制約

<SELENE成果>

- ・斜長岩の発見、全球分布(Ohtake et al., 2009)
- (シリアルマグマティズム?)
- ・大きな進展: PANとカンラン岩との接触分布が同一深さにあることが明らかに(Yamamoto et al., 2012)

<どこをどう調べるか?>

- ・SPデータ(Yamamoto et al., 2012)で見られ PAN+Olivine 分布領域で、層構造を、確認する。
- ※ 地震 探査で、層構造を確かめる=>広域探査、ネットワーク探査

●有人探査への貢献

- PAN(purest anorthosite)は、AIを多く有する
- ↓
- (ISRU: in situ resource utility)
- 純粋なケイ素=>太陽電池
- 参加アルミ=>建材
- 沸石(Zeolite) =>イオン交換材料、触媒、吸着材料

②「月の火成活動のバリエーションを把握する」 ～月独特の火山様式はあるのか?～ ～月の火成活動に水の関与があるのか?～

<背景>

- 火山活動は、天体におけるエネルギー源。一方で環境破壊源。
- 月の火成活動の噴出物質、噴出期間、噴出量、噴出間隔等を規定するのは何か?
- 月の火成活動に揮発性物質(水など)はどうか?
- (火山研究の最先進国日本が主導する)

<SELENE成果>

- ・海の年代把握=>若い時代(10億年程度)まで火山活動。周期的火山活動?
- + (LROC画像から、1億から数千万年前?)
- (GRAIL重力データから、亀裂構造)
- ・観孔発見 =>
- (層構造を為す壁:露頭として適する)
- (地下空洞の確認:新鮮な物質提供場所)

<どこをどう調べるか?>

- 1)月の火山を巡り座標調査・元素分析、サンプル回収
- ・Silica richに加えThも異常に存在する火山: Compton-Belcovich
- ・Si-rich火山: Hansteenalfalfa, Gruithuisen-Gamma
- ・OHが存在(?): Central hill of Bullialdus Crater
- ・月最大級盾状火山: Marius Hill, 大規模火山: Mons. Rümker (時系列サンプル採取)・1億年前以内(?)の火山活動: Gruithuisen E-M region, Marius Hills, Mare Nubium, Ina, Hyginus, Sosigenes, Maskelyne 年代と元素組成。特に水。

★着陸してのサンプル(岩・砂)元素組成調査

②「月の火成活動のバリエーションを把握する」 ～月独特の火山様式はあるのか?～ ～月の火成活動に水の関与があるのか?～

2) 月の地下空洞を求めて

溶岩チューブ形成による遠距離溶岩運搬作用の存否を確認する。

- ①どこまで続いているのか?いつ、作られたのか?=>地下や周辺表面を広域物理探査。
- ②インフレーションを起こしたかどうか?ガスの寄与?空洞の形状把握。=>★着陸要

(静の海、マリウスヒル、賢者の海の観孔 死の湖、豊の海のpit)

3) 層構造・フレッシュな溶岩提供。=>★着陸要

- 壁: 気泡の存否。(外部起源の水も?) (ダイナモ磁場の存否)
- 床/空洞内: Tなどの物質/温度粘性の遷移情報。捕獲岩の取得。ガス成分取得

4) 月の火成活動に、周期性があるのかを調べる。

- ホットブリューム仮説の検証を目指す。
- ⇨重力増傾斜による亀裂構造(?)
- ・外郭亀裂(マントル物質?) @水の海など
- ・内郭亀裂(?)
- 20億年以降の噴出時期の様々な溶岩地域。特に、アリスタルコス南東部、フラムステッド、マリウス丘 噴れの海の周辺部
- ・内外郭と異なった亀裂?
- ツオルコフスキーレータ
- モスクワの海

着陸(できればサンプルリターンして)の年代測定が要=>★着陸要

③「月に、人類の宇宙への進出の橋頭堡を築く」 月に、人類の宇宙への進出の橋頭堡を築くことができるのか? そこに科学はどう貢献するのか?

<背景>

- 3.11: 地球は、人類に必ずしも優しい環境を呈するものではない。数千万年に一度の破壊的な隕石衝突も、いつ起こるか分からない。月へ、宇宙へ、人類が出て行くことを軸にした月探査、惑星探査が求められる。

月は、放射線被曝・微小隕石・温度変化の問題から、人類が恒久基地を作るには問題があった。

<SELENE成果>

- ・極域
- 水: 月南極点のシャクルトンレータに水は露出していない。(LEND等から)あっても数10~数100ppm。(数%の水存在を言うLCROSSデータやMini-SARデータは要問視する研究者が多い。)
- 永久日照域: 無い。(SELENE高度計データから)そもそも1-2mの砂では放射線は有効遮蔽できないので月には恒久基地建設のハードルが高い
- ・観孔、地下空洞
- 放射線被曝を免れるなど極めて利点が多い

<どこをどう調べるか?>

- 人類の恒久的基地建設の可能性を科学的に調査する。
- ・観孔/地下空洞
- 放射線被曝環境、隕石遮蔽、熱サイクル、岩盤厚、揮発性物質(水がたまっている可能性もある)資源調査: IPKT 領域でデータ収集がある地域の観孔
- 科学観測基地
- 天文台として適する高所の観孔 (将来の火星地下空洞内基地建設の準備)
- ・ミニ観孔(放射線遮蔽、ダスト挙動調査)
- Reiner gamma, Descart anomaly, Mare Ingenii 等
- 失われし水を求めて。
- ・極域永久凍土(水の貯蔵と、移動プロセスの理解)
- まずは、水の検知。D/Hの測定。水分子の移動検知。LCROSSの水検知の追試: Cabeus craterの永久凍土LEND観測からの水素濃度領域での水調査: Haworth (Shoemaker and Faustini) craterの永久凍土高感度カメラで地形の詳細観測。
- 物体衝突、エネルギー観測
- =>質量分析器で、揮発性物質などを検知(40K低温環境での作業能力開発)
- 長期のエネルギー確保。
- ・極域長期日照観測

月有人活動を見すえた 月着陸科学探査 まとめ

20世紀の米ソ月探査によって得られた大量のデータに加え、
今世紀に入って、特にSELENE(かぐや)データによって成果・知
見から、更に多くの研究課題が明らかになってきた

①「月の内部構造」

～月のマグマオーシャンによる成層構造は成ったのか？～

②「月の火成活動のバリエーションを把握する」

～月独特の火山様式はあるのか？～

～月の火成活動に水の関与はあるのか？～

その場解析、サンプリングなど、人が行くメリットは大きい。しか
しでコストも高つくだろう、無人/ロボット探査などとの連携
が必要

一方で、人が月に進出することを今から考えていくべきで、拠
点としての極・地下空洞・ミニ磁気圏下などの科学的な知識
を蓄積していくことが必要

③「月に、人類の宇宙への進出の模範を築く」

～月に、人類の宇宙への進出の模範を築くことはできるのか？ そこに科学はどうか貢献するのか？～

月有人活動を見すえた 月着陸科学探査 まとめ

将来に向けて、是非、理エー体となって進めていくべき課題

1) 軟着陸(安全で精度良い着陸)

どこに降りたいか、どこが安全か⇨確実性(精度、環境)

2) 長期的な活動(越夜:特に極低温となる極域)

長期観測の必要性、温度などの環境⇨越夜システム

3) 広域探査(長駆できる移動体)

長距離移動その場観測の必要性・移動ルート

⇨移動距離、移動方法

4) 裏側探査

裏側観測の場所・観測期間・移動の要否⇨裏側リレーシステム

5) サンプルリターン

サンプルリターンの要否・帰還サンプルの保存状態⇨帰還技術