



中間報告案

2018年3月16日 重力天体着陸探査シンポジウム
於ける 神戸大学CPS

月極域探査タスクフォース(並木則行, 春山純一, 吉田二美, 三浦
弥生, 佐伯和人, 大竹真紀子, 臼井英之)

目標共有 (1)

(4) 将来の月惑星探査につながる科学探査の提言

将来月惑星科学に貢献する観測は何かがあるか？

(2) 水(氷)探査の結果から得られる科学の整理

モデル機器から得られる観測データを使って、資源探査にとどまらない科学成果を上げることができるか？

(3) 月極域での科学探査の提言

水(氷)の資源探査から視野を広げて、月極域科学全体へ寄与しうる観測の提言(RFI提案及び新しいセンサの提案を含む)

(1) 水(氷)探査に関する科学的助言

モデル機器を用いて、水(氷)を発見、探索するために役立ちそうな科学技術を助言する

■モデル機器：次ページ参照

目標共有 (2)

- **中間報告**
- **最終報告**

- 提出先 国際宇宙探査専門委員会
- 時期 **90日間スタディ**として、**5月初旬まで**にとりまとめる
- ボリューム 多くて20ページ程度を想定
- 前記の(1)～(4)に対する答申を出す

モデルミッション機器の例を示す

番号	観測機器	測定量・精度
①	地中レーダー	<u>地下の状況を識別</u> 深度2mまでを探査
②	イメージング分光計	<u>水氷の吸収・反射を測定</u> 波長範囲： 可視～近赤外
③	中性子分光計	<u>Hの存在量を測定</u> 水素含有量： 100ppm(水0.1wt%)
④	熱重量分析計	<u>揮発性物質の含有量を測定</u> 試料質量： 1g～ 測定分解能： 1mg 温度範囲： ～900K
⑤	質量分析計	<u>化学種の特定</u> 質量範囲： ～100
⑥	微量水分計(CRDS)	<u>DH比を測定</u> 検出限界：(数ppb)

第二回(2月15日)
大竹資料

太陽風(SW)と表層環境の相互作用



(4)

将来月惑星探査

(2)

モデル機器の活用

(3)

極域の科学 (RFI提案, 新規機器)

SWフラックスの定量

SWインプラントの物理過程
低温環境における水濃集メカニズム

太陽系内の水輸送
形成期の微惑星
衝突頻度
輸送フラックスの定量

月内部の水起源を制約
原始地殻
MOと全球の化学組成

地球/月系の進化

質量分析計

微量水分計

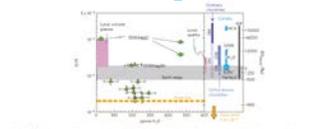
イメージング分光計

プラズマ粒子計測器、磁力計

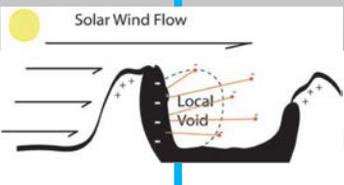
高精度化質量分析計

サンプルリターン

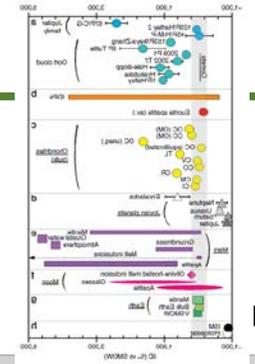
D/H測定
小惑星/彗星起源との区別
He濃度測定
SWフラックス推定



Liu et al. [2012]



Farrell et al. [2007]



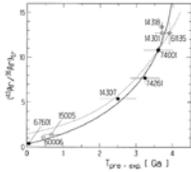
Barnes et al. [2016]

鉱物・岩石種の同定(玄武岩の有無)
水氷の定量

銀河線照射年代
太陽風照射年代
H₂O吸着量測定

D/H, δO同位体比
小惑星/彗星/月内部の起源を区別
不均質等詳細分析

希ガス同位体比
40Ar, 129Xe, 131-136Xe起源の同定



Eugster et al. [2001]

下部地殻・原始地殻の発見

(4)

将来月惑星探査

SWフラックスの
定量

SWインプラント
の物理過程
低温環境におけ
る水濃集メカニ
ズム

太陽系内の水輸送
形成期の微惑星
衝突頻度
輸送フラックス
の定量

月内部の水
起源を制約
原始地殻
MOと全球の化
学組成

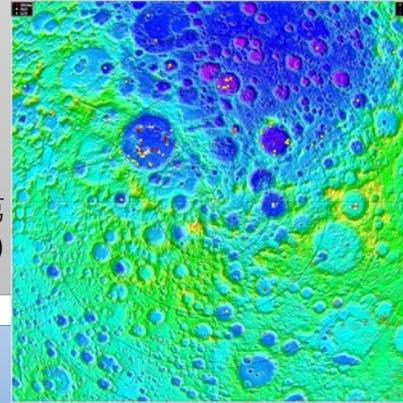
地球/月系の進化

(2)

モデル機
器の活用

イメージング分光計

山本聡作成(第
五回 佐伯資料)



初期地殻の発見
下部地殻の組成
(LCP or HCP)

スペクトル
の温度変化
に注意

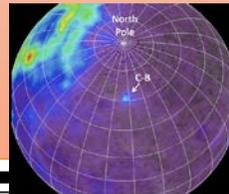
(3)

高精度化質量分析計

年代測定

極域の科学
(RFI提案, サンプル
新規機器) リターン

REEパターン
マグマ分別
固化年代/衝突年代



NASA/GSFC/ASU/WUSTL
B. Jolliff(第五回 佐伯資料)



資源開発

核燃料採掘

極域のマッピング

次世代のリモセンダー解析で、新たな
興味深い場所が発見される可能性がある

太陽系内の水輸送

(4)

将来月惑星探査

SWフラックスの
定量

SWインプラント
の物理過程
低温環境におけ
る水濃集メカニ
ズム

太陽系内の水輸送
形成期の微惑星
衝突頻度
輸送フラックス
の定量

月内部の水
起源を制約
原始地殻
MOと全球の化
学組成

地球/月系の進化

(2)

モデル機
器の活用

イメージング分光計

粘土鉱物, 雲母など
外来物質の発見

(3)

極域の科学
(RFI提案,
新規機器)

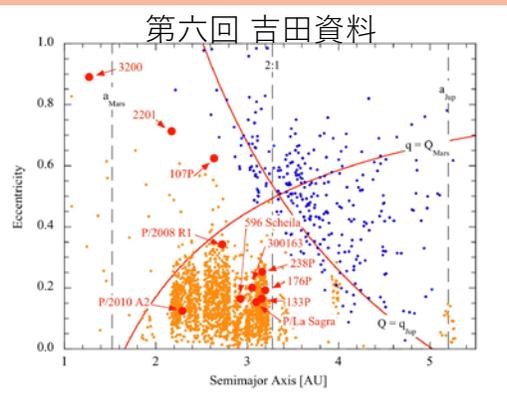
高精度化質量分析計

δO , 有機物
彗星起源の同定

サンプル
リターン

見つければ
科学的意義
は重大…だ
が, 確率的
に困難

月面衝突観測



長期モニタリング
流星群との関連
から外来物質の
由来を制約



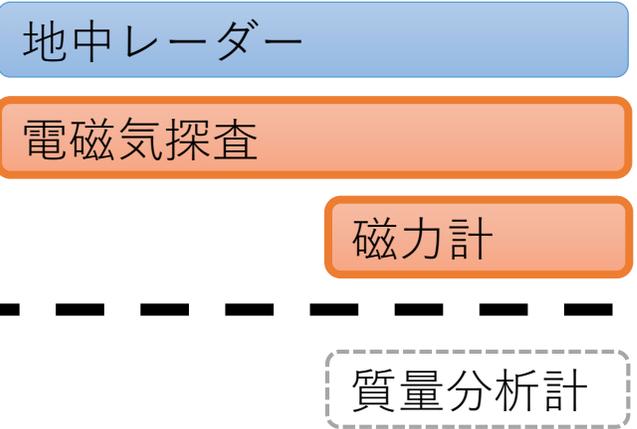
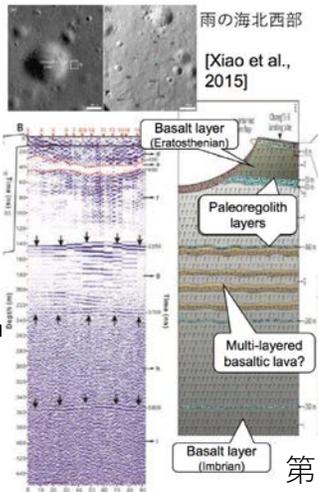
第六回 吉田資料

物理探査のススめ：石油掘削なら地質調査の段階？

(1)

モデル機器への助言

地球上での標準的手法



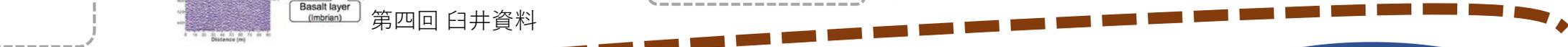
誘電率だけでは水(氷)の同定は不可、組み合わせで相補的

局所的な磁場強度(磁力計)と月面の日陰や日向でのHやOHの分布(質量分析計)の相関

中性子分光計

質量分析計

- イメージング分光計
- 熱重量分析計
- 微量水分計



(並木私見)

資源探査ミッションの検討とは？

JAXA月極域探査検討チーム

理学

どれくらい在りそうか？
どこに在りそうか？
深度、様態、分布...

物理探査

どうやって探すのか？
産総研, JAMSTEC ...

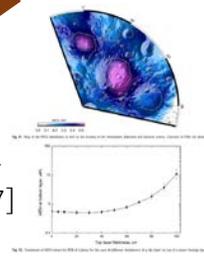
工学

どうやって実現するか？
宇宙技術
ローバー走行性能
ロボットアーム ...

ユーザー

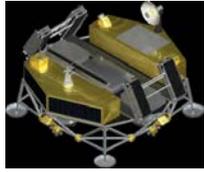
どれだけあれば資源か？
利用可能な状態は/地域は？
採掘の容易さ
地球との通信
エネルギー
...

Shoemaker crater [Sanin et al., 2017]



将来のために：科学探査プラットフォームの設置

(4)



将来月惑星探査

着陸地点の長期利用

多目的ローバー

データリレー衛星

エネルギー供給プラ
ント

物理探査ネット
ワーク

ネットワークハブ

広域ネットワーク通
信，地球データ送信

表層環境モニタ

長期間の変動観測

観測パッケージの交
換

地球データ送信

影、夜の観測継続

サンプル採取

採取装置，回収設備
の再利用

マルチサンプリング

地球観測/
太陽観測

EUV, x線イメー
ジャー

地球データ送信

夜間の観測継続

月面天文台

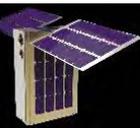
パスマインダー観
測

地球データ送信

夜間の観測継続

深宇宙探査のへ入り口

小型衛星/超小型衛星/小
型ロケットの活用



付録 モデルミッション支援機能
第二回(2月15日)大竹資料

番号	観測機器	測定量・精度
⑦	アースオーガ	<u>月面下の掘削</u> 掘削深さ: 1.5m
⑧	採取・移送機構	<u>サンプル採取し観測機器に移送</u> 深さ: 1.5m、25cm間隔
⑨	温度計	<u>月面温度測定</u> 温度範囲: 30~400K
⑩	圧力計	<u>大気圧の測定</u> $10^{-3} \sim 10^{-10} \text{Pa}$

付録：政策ミッションとの付き合い方 (並木私見)

- 研究コミュニティの自主性と独立性

惑星科学コミュニティは政策ミッションに振り回された苦い経験

悪例1) コミュニティのコンセンサスが出来る前に研究者を一本釣り

悪例2) 評価委員会には支持的な研究者ばかりを集めてプロジェクトを後追いで承認(御用学者)

研究者が研究者であり得るために...

自由な意見を尊重する

科学者は科学についてこそ責任をもつ

ミッションの実行者と評価者・提案者を明確に区分する

付録：スケジュール

- 90日間, 毎週

~~2/8 第1回 目標共有~~

~~2/15 第2回 SELENE-R概要(大竹)~~

~~2/22 第3回 月の水同位体化学[1] (三浦)~~

~~3/1 第4回 月面表層と太陽風相互作用[1](臼井)~~

~~3/8 第5回 極域探査の鉱物学・地質学[1] (佐伯)~~

~~3/15 第6回 水輸送[1](吉田)~~

3/16 重力天体着陸探査
シンポで意見徴収

3/22 第7回中間報告：LPSC参加者はメールで審議

3/29 第8回月の水同位体化学[2] (三浦)

4/5 第9回水輸送[2](吉田)

4/12 第10回極域探査の鉱物学・地質学[2] (佐伯)

4/19 第11回 月面表層と太陽風相互作用[2](臼井)

4/26 第12回 最終報告

学会MLで意見徴収して5/8に提出