

OSIRIS-REx・MMX に向けたキュレーションプロトコルの検討

深井 稜汰、白井 寛裕

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency)による火星衛星探査計画(Martian Moons eXploration; MMX)は、火星衛星の一つであるフォボスからのサンプルリターンミッションである。本計画では、フォボス表面へ2回のタッチダウンを行い、表層レゴリス試料を 10 g 以上回収することを目標としている¹⁾。MMX プロジェクトの Sample Analysis Working Team (SAWT)は、2029 年に帰還するリターンサンプルの分析プロトコルの設計を行なっている。これまでに SAWT では、MMX のミッション目的である(i) 火星衛星の起源解明、(ii) 火星圏進化史の理解に向けて必要なサンプル分析プロトコルを検討してきた¹⁾。本発表では、帰還直後のサンプルを非破壊、非汚染、非バイアスで記載するキュレーション段階のプロトコル検討状況を議論する。

帰還したサンプルコンテナに対して、まずコンテナ内のガスを回収し、コンテナへの地球大気のリーク状況を確認するための簡易分析(Quick Analysis)を行う。サンプラーがクリーンチャンバーに接続された後には、速やかに秤量を行い、MMX 搭載観測機器(MIRS, OROCHI など)と対応した分光観測機器を用いたバルク試料の最初期記載(Pre-basic Characterization)が行われる。試料配分のための情報提供・科学成果の早期創出・地球汚染の評価のために、最初期記載の直後に一部の試料はクリーンチャンバー外に移動し、初期分析チームによって予察的研究(Preliminary Examination)が行われる。予察的研究と並行して、JAXA のキュレーションチームによってクリーンチャンバー内粒子の初期記載(Basic Characterization)が行われる。最終的には、初期記載を終えた粒子の追加配分が初期分析チームに行われ、ミッション目的解明のための初期分析(Initial Analysis)が始動する。

加えて 2023 年度には OSIRIS-REx 帰還試料の受入も控えている。Bennu 試料を用いて MMX キュレーションを見据えた技術開発を行うことを計画している。

- 1) T. Usui et al., The Importance of Phobos Sample Return for Understanding the Mars-Moon System, *Space Science Review*, 216 (49), 2020.
- 2) W. Fujiya et al., Analytical protocols for Phobos regolith samples returned by the Martian Moons eXploration (MMX) mission. *Earth, Planets and Space*, 73 (120), 2021.

惑星圏研究会 2023

OSIRIS-REx・MMXに向けたキュレーションプロトコルの検討

深井 稜汰 (ISAS), 臼井 寛裕 (ISAS)

Acknowledgments:
Astromaterials Science Research Group / MMX project team / MMX Science Board / MMX SAWT / Space exploration innovation hub center / Yasuhiro Iba, Yusuke Takeda & MORGENTROT

1

惑星圏研究会 2023

OSIRIS-REx・MMXに向けたキュレーションプロトコルの検討

Focus of the Symposium 2023
Multiple Columns + Low approach for orbital requirements & Mission strategy

Splitter meetings: Small body, Moon (Interim), Mars, Venus (Interim), Outer Planets

深井 稜汰 (ISAS)

Acknowledgment:
Astromaterials Science Research Group / MMX project team / MMX Science Board / MMX SAWT / Space exploration innovation hub center / Yasuhiro Iba, Yusuke Takeda & MORGENTROT

Making borderless teams and finding/investigating seeds for future explorations!

2

ISASにおける"キュレーション"フェーズ 02/11

Curation: a bridge between remote sensing & sample analysis

Science on Different Scales: Km, m, mm, μ m

Remote sensing observations from Spacecraft: ONC (L, W, W2), LIDAR, NIRS3, IR, DCAM3

Lander and Rover Observations: MASCOF, MINERVA-II (L.A., R.2)

What kind of environment? What kind of techniques? Curation Sample Analysis: Sampler, Ground analyzer

Ryugu (GJAXA: University of Tokyo & collaborators), e.g., Ryugu particles (eJAXA), Monoclonal structure

サンプル詳細分析以前に非バイアス・非汚染・迅速な検証が可能なフェーズ

3

はやぶさ・はやぶさ2による知見 03/11

クリーンチャンバー
窒素環境下で地球汚染を回避した環境

Reflectance (%) vs Wavelength (μ m)

Chamber A average, Chamber C average, NIRS3 Kitazato et al. (2019)

carbonate, CH-rich phase, hydroxyls (-OH)

リモートセンシングデータとキュレーションデータには差異が生じる
→ サンプル分析の結果により、サンプル採取した深さによる違いと解釈

4

ISASキュレーションの将来方針 04/11

Total returned sample weight (g) vs Year return to Earth (1960-2040)

Apollo 11, Apollo 12, Apollo 14, Apollo 15, Apollo 16, Apollo 17, Lunar 16, Lunar 20, Lunar 24, Chang'e 5, OSIRIS-REx, Hayabusa2, Hayabusa, Genesis, Stardust

- "キュレーション"フェーズで「Ground-truthing」を行う (MMX以降)
- 「持ち帰る物質の選定」も"キュレーション"の枠組みとする (LEAD以降)
- 小天体物質の物性-化学の科学成果・知見から将来の小天体サンプルリターンを提案・リードする (次世代SR以降)

5

MMX: Interaction with SAWT-IT-SST 05/11

Sample analysis flowchart for the objective 1.1 (Origin of Phobos)

[P1-1] To determine whether the origin of Phobos is captured asteroid or giant impact

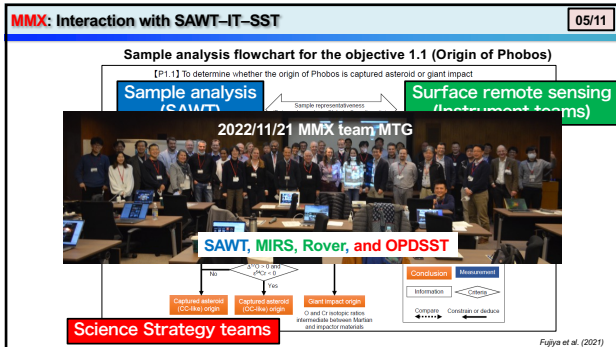
Sample analysis (SAWT) vs Surface remote sensing (Instrument teams)

Hydroxyl reveals: 0.7 and 2.7 μ m, 0.2-0.6 μ m, Organic matter: 0.22, 1.6-3.5 μ m

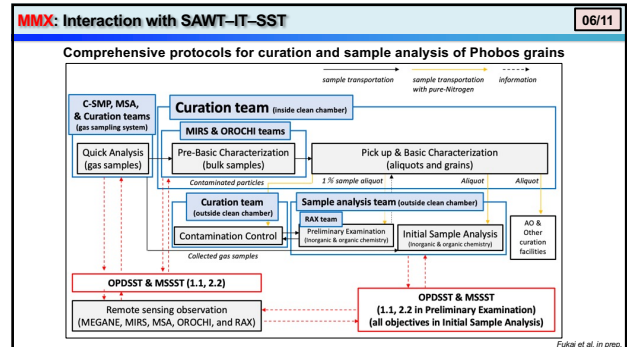
Major element composition, Trace element composition, H, O, Mg, Si, K, Ca, Fe, and Ti abundance

Science Strategy teams

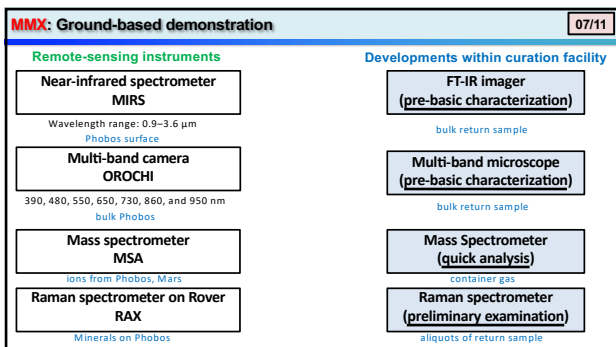
6



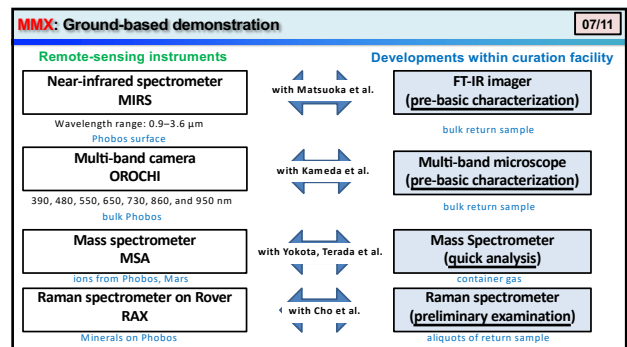
7



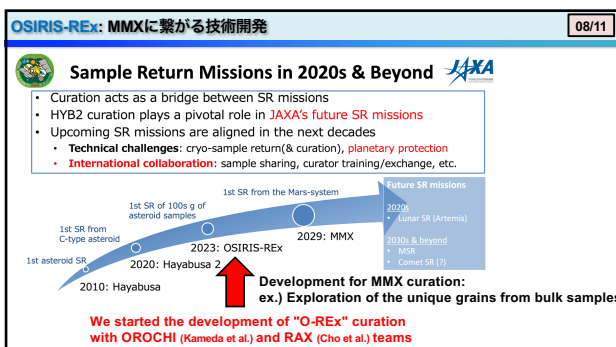
8



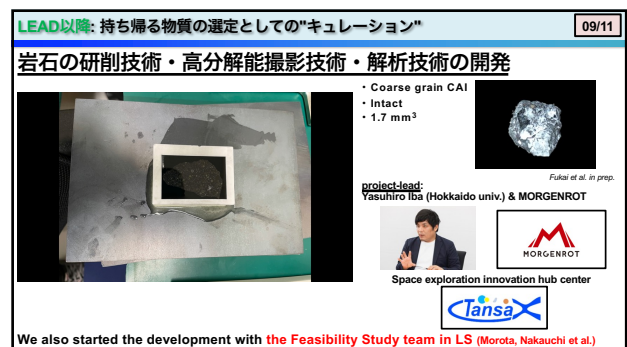
9



10



11



12

次世代SR以降: ミッション目標の提案・貢献に繋がる"キュレーション" 10/11

単一粒子から物性情報-化学情報を取得
 → 将来SR探査提案に繋がる基礎情報

co-lead:
Takuya Ishizaki (ISAS)

加工分析
(機械物性・鉱物組成など)

非破壊分析
(結晶構造、熱・電気・磁気物性など)

13

Summary 11/11

- **MMXキュレーション (2020-)** Usui et al. (2020), Fujiya et al. (2021), Fukai et al. in prep.
 - リモートセンシング・その場分析データの迅速・非バイアス・非汚染下の検証が必要
 - 機器チーム、Science Strategyチームとの連携で技術開発 (MIRS, OROCHI, MSA, RAX, MSSST, SSGSST)
- **O-RExキュレーション (2022-)**
 - MMXキュレーションのための技術開発に活用 (OROCHI・RAXによる可視・ラマン分光イメージング)
- **将来計画 (2023-)** Fukai et al. in prep.
 - 「持ち帰る物質の選定」もキュレーションの枠組みする新発想
 - 小天体物質の物性-化学の科学成果・知見から将来の小天体サンプルリターンを提案・リードする新発想

14