

火星衛星探査計画MMXサンプリング装置（C-SMP）の開発状況報告

MMX Sampling System (C-SMP) Development Status

加藤裕基, 澤田弘崇, 佐藤泰貴, 吉川健人, 臼井寛裕, 菅原春菜, 高野安見子(宇宙航空研究開発機構), 坂本文信(川崎重工業株式会社), 宮岡幹夫(住友重機械工業株式会社), 倉富剛(株式会社ウェルリサーチ)

Hiroki Kato, Hirotaka Sawada, Yasutaka Satou, Kent Yoshikawa, Tomohiro Usui, Haruna Sugahara, Amiko Takano, (Japan Aerospace Exploration Agency), Fuminobu Sakamoto (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), Mikio Miyaoka (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), Takeshi Kuratomi (WEL Research Co., Ltd.)

加藤裕基、澤田弘崇、佐藤泰貴、吉川健人、臼井寛裕、菅原春菜、高野安見子 (JAXA)、
坂本文信 (川崎重工業)、宮岡幹夫 (住友重機械工業)、倉富剛 (ウェルリサーチ)

C-SMPに割り当てられたミッション要求

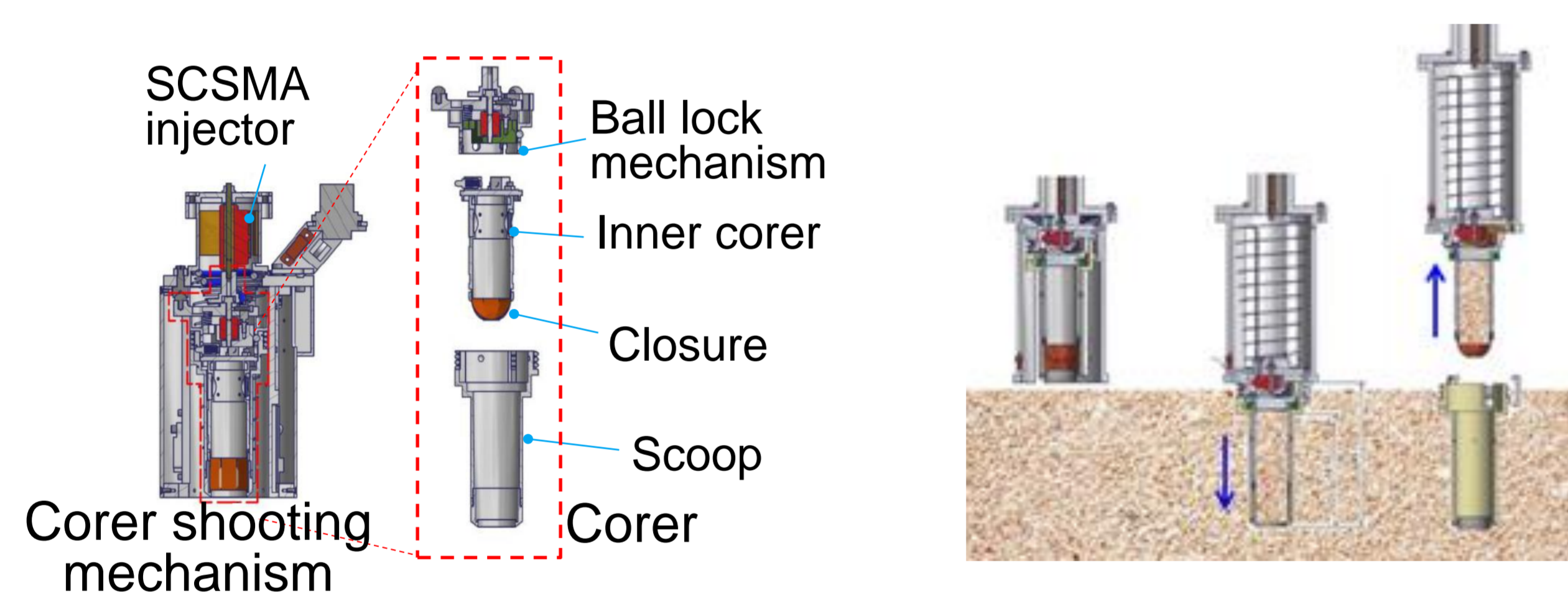
- 1度の着陸に10g以上のレゴリスを採取すること
 - ✓ 着陸は複数回あり、毎回サンプリング実施
- 地表面下2cm+の深さを含むレゴリスを取得すること

C-SMPの技術課題

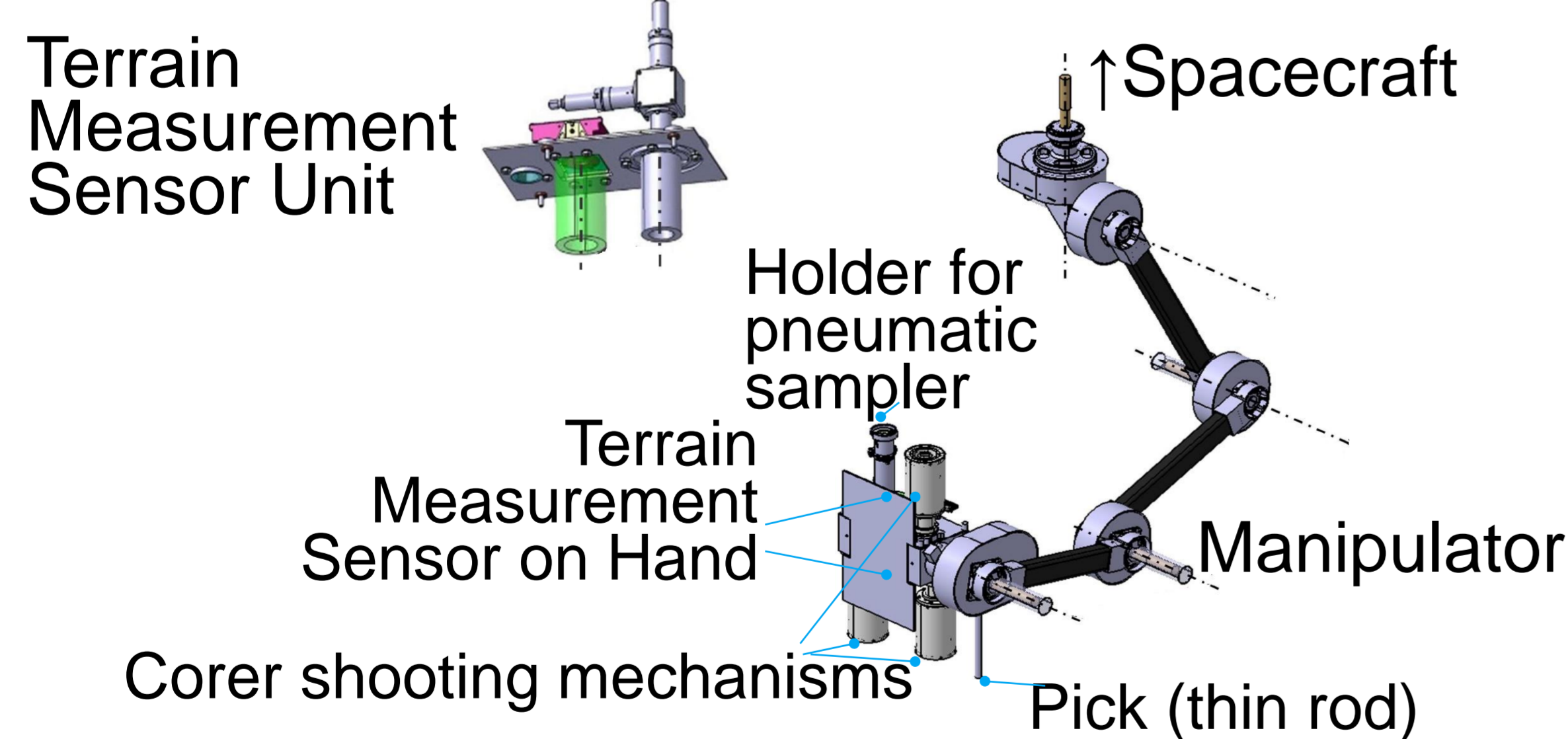
- 地形やレゴリス土壌に大きな不確定性
 - ✓ リハーサル不可なのに地形・障害物状況が不明
 - ✓ さらに、当然地表面下の状況も分からない
 - ✓ 土壌の特性パラメータも当然分からない
 - ✓ フォボス環境：1/2000G、レゴリスに覆われている
- 厳しい時間制限
 - ✓ 着陸運用時間：フォボス昼の2.5時間 (越夜なし)
 - ✓ 内、サンプリングに使用可能なのは1.5時間
 - 要求：クイックな環境情報取得
 - 要求：クイックなサンプル取得手法
 - ✓ 通信伝搬遅延15分程度
 - ✓ 通信回線も数kbps程度
- それなのに、サンプル取得量要求↑
 - ✓ プロジェクトマイル (はやぶさ方式) では足りない

設計解

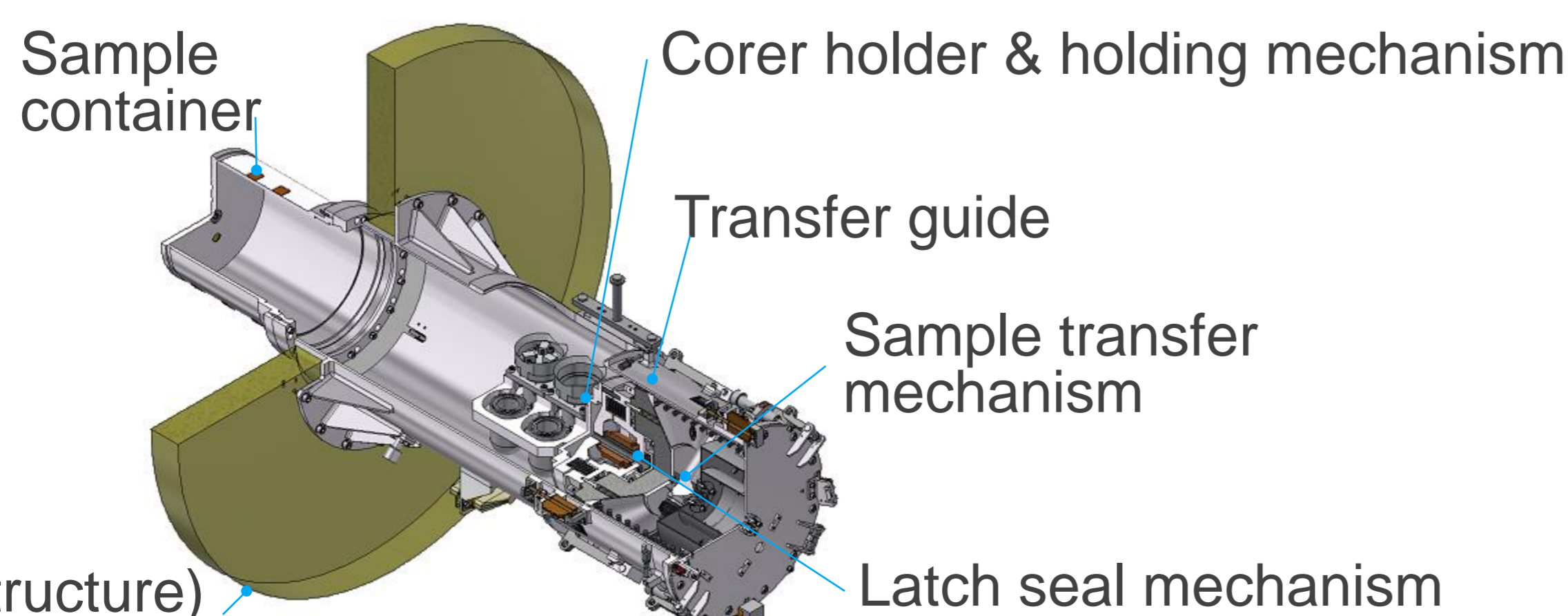
- コアラー機構
 - ✓ 1分以内に10g以上のサンプル取得可能



- サンプル移送部 (マニピュレータ)
 - ✓ 着陸後に地形の計測可能
 - ✓ 地上からのワンチャンスのコマンドを受信後、自動で採取地点を決定の上コアラーを射出
 - ✓ 取得したサンプルを収納する



- サンプル収納部/カプセル搬送部
 - ✓ レゴリスが入ったコアラーを収納する
 - ✓ カプセルに搬送を行い、同時にシールする
 - ✓ (はやぶさヘリテージ) (ただし大型化している)



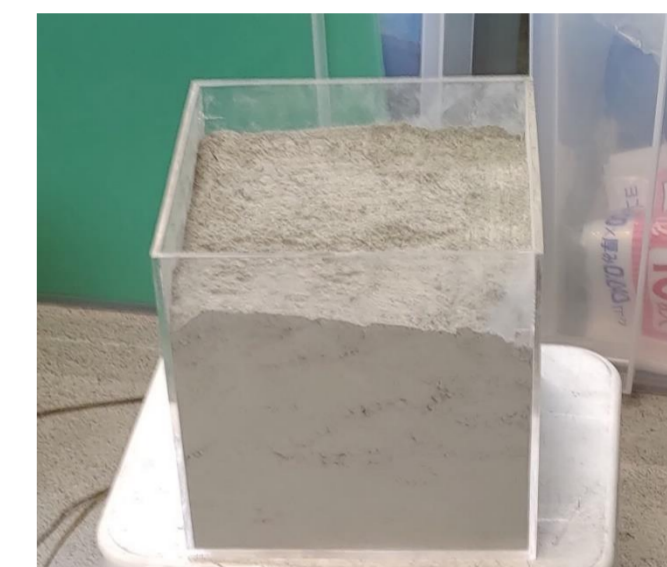
(Spacecraft structure)

SMP検証時のレゴリス条件

- サイエンスを交えたMMX内の合議で耐環境設計基準書にレゴリスの様態パラメータを設定しているが、エンジニアリング的にはパラメータの組み合わせの最悪パターンを埋めるように検証を行うのが通常であるが、結局レゴリスのパラメータ種類数は膨大であり、これらのパラメータだけを合わせても検証として尤もさが無い。(サイエンスも交えた議論)
- なので、物理パラメータをできるだけ合わせるべく、フォボスで考えられている蛇紋岩ベースで生成されている、東大宮本研作成のフォボスシミュラントを検証のベースラインに用いる



Simulant Model 3-3:
2.87g/cm³ 粒径分布40μm - 4mm



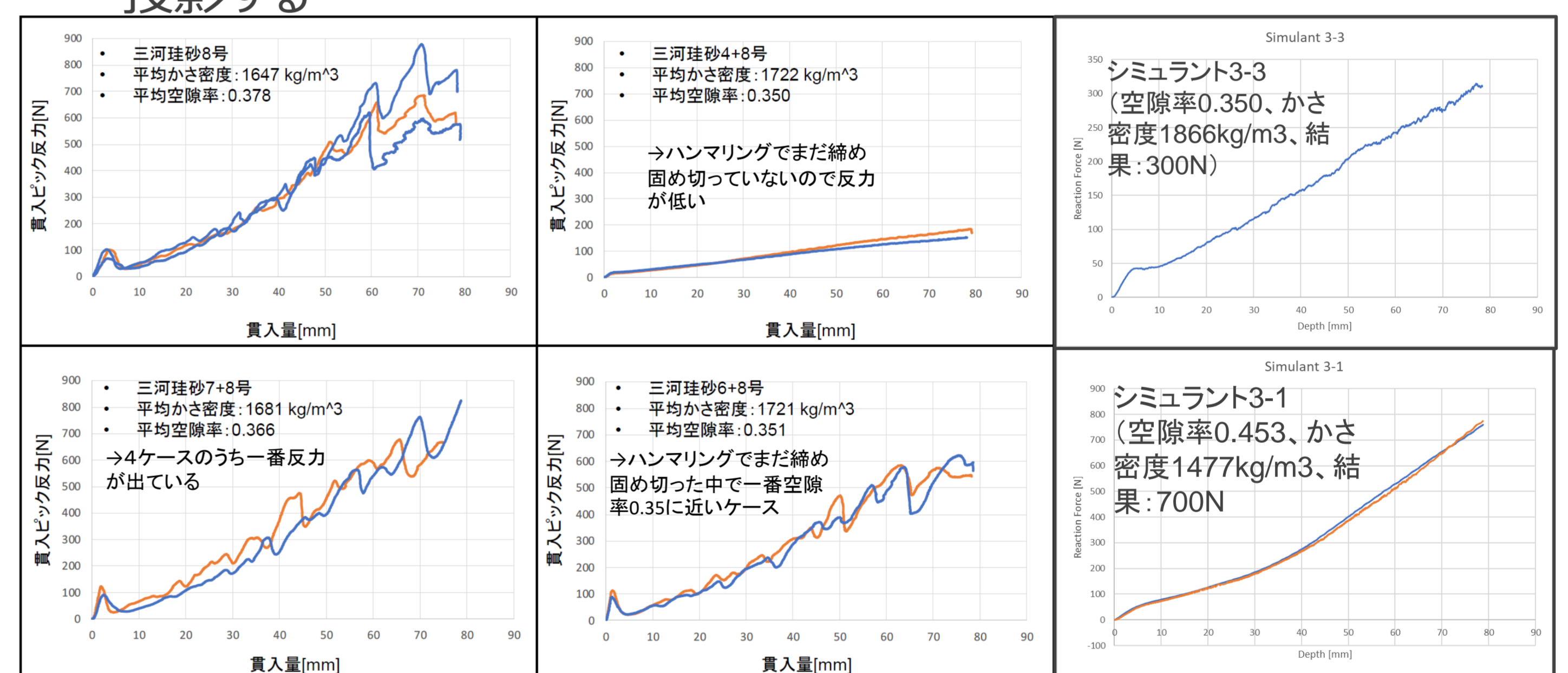
Simulant Model 3-1
2.7 g/cm³ 粒径分布40μm以下~1mm

コアラー機構検証ストラテジ

- (STEP1) 静的貫入試験で静的ピック貫入時の反力を計測し、本質的にコアラー機構が刺さりやすさを示す力覚パラメータを取得。実験ケース数が膨大になりすぎるため、ピックの静的貫入時の反力の大小に投影
- (STEP2) コアラー機構BBMを用いて射出試験@落下塔+1Gを実施
- (STEP3) コアラー機構EM試験は地上1G射出貫入試験を実施し、その射出・貫入挙動を微小重力下シミュレーションで求めた採取量に対して合否判定を行う。

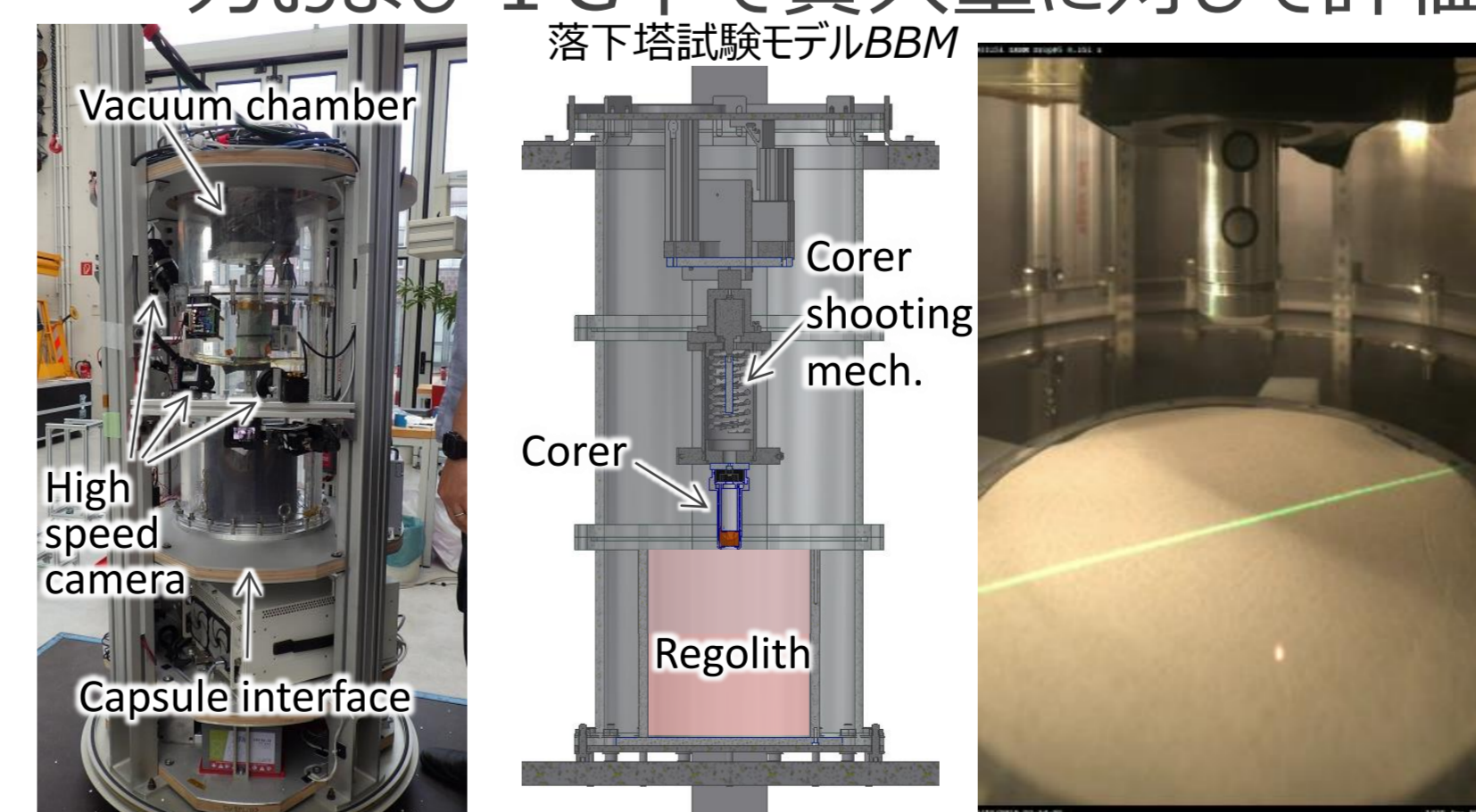
静的貫入試験 (STEP1)

- 実験ケース数が膨大になりすぎるため、ピックの静的貫入時の反力の大小に投影する



コアラー射出試験 (STEP2,STEP3)

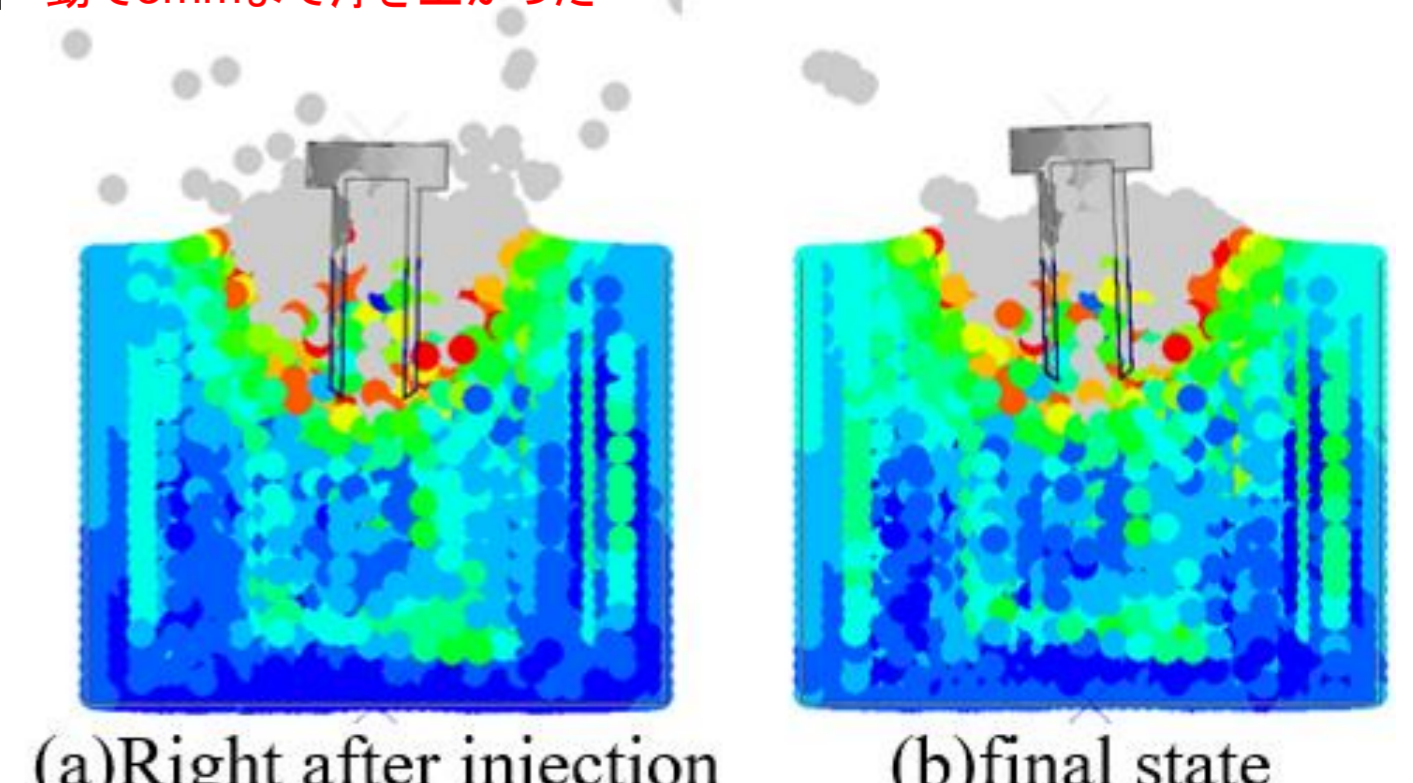
- SCSMAを用いたBBMでの射出力計測試験結果：コアラー機構の射出機構は、「コアラーを2.5J±20%の速度で射出できること。」を開発仕様とした。
- 落下塔試験においてSCSMAでは射出のタイミングが制御できないため、上記射出力をもつ分離機構を有する落下塔モデルをもって検証を行った。微小重力および1G下で貫入量に対して評価を実施した。



#	試験項目	砂種類	粒子密度 kg/m ³	空隙率	高密度貫入量 kg/m ³ mm (速報値)
Drop 4	貫入量	S3-1	2700	0.444湿	1501 42
Drop 5	↓	↓	2700	0.445湿	1499 37
Drop 7	↓	S3-1	2700	0.444乾	1501 40
Drop 8	↓	S3-3	2870	0.328乾	1929 40
Drop 9	↓	S3-1	2700	0.470乾	1431 全貫入
Drop 12	飛散+貫入量	S3-3	2870	0.349乾	1868 全貫入
Drop 13	↓	↓	2870	0.333乾	1914 60
1G A	貫入量	S3-3	2870	0.340乾	1894 30
1G B	↓	↓	2870	0.360半湿	1837 40
1G C	↓	↓	2870	0.387半湿	1759 全貫入

*最初30mm貫入したが地面に跳ね返るような挙動で3mmまで浮き上がった

(上) 落下塔試験セッティング
(右上) 落下塔(Drop)/1G実験結果
(右下) SPHを用いたシミュレーション



(a)Right after injection (b)final state