



P-126 月火星の縦孔・地下空洞探査(UZUME)計画 におけるミッション機器検討

西堀俊幸, 春山純一, 河野功, 大槻真嗣, 嶋田和人, 岩田隆浩, 桜井誠人, 山本幸生, 若林靖史(JAXA)

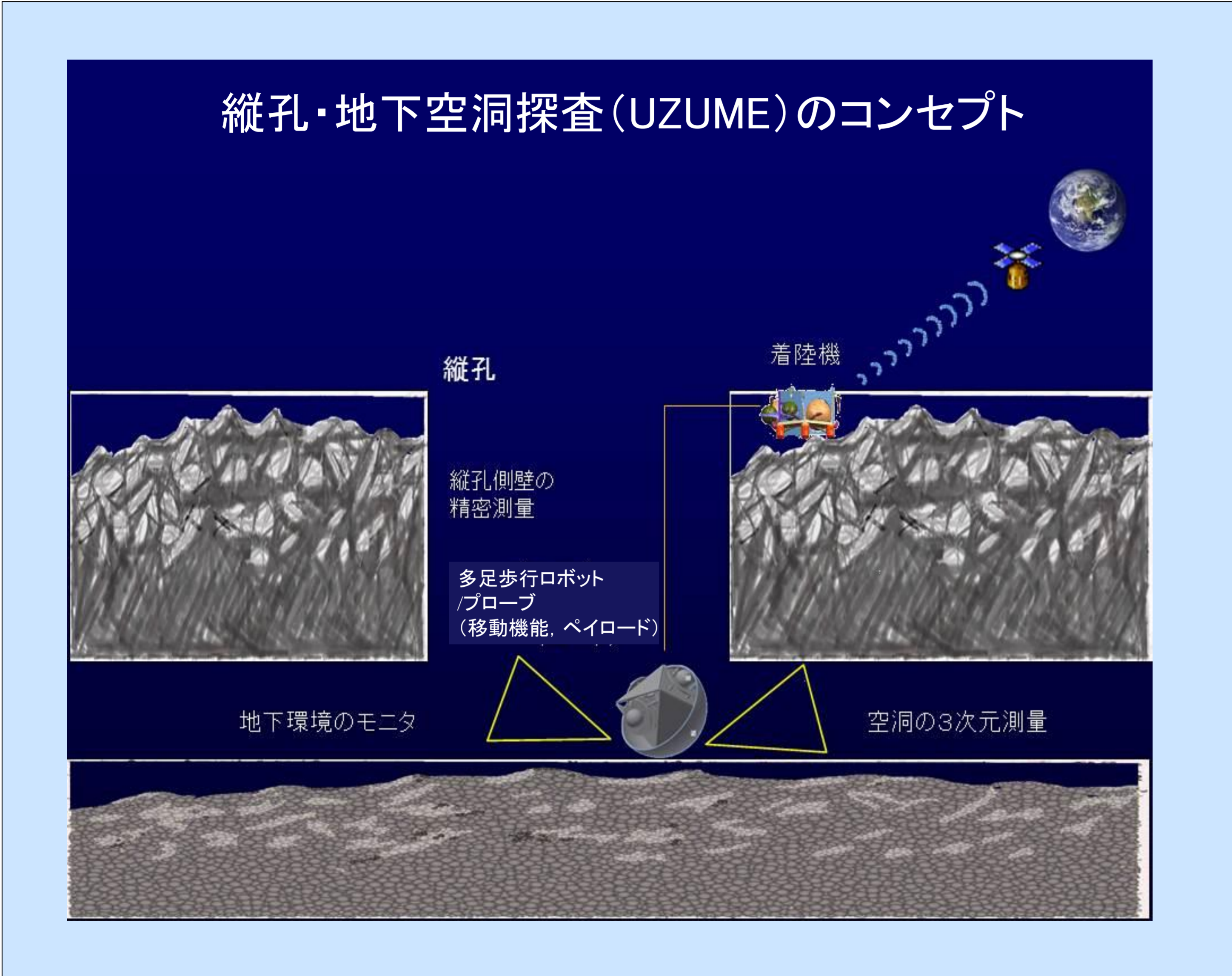
1. 世界初の縦孔・地下空洞探査計画(UZUME)

人類初となる月の縦孔・地下空洞探査計画(UZUME)は、SELENEの観測データ解析により日本人が初めて発見した月の縦孔と、それに続いて存在すると考えられる地下空洞を世界で初めて直接探査するミッションである。UZUMEは日本が得意とするロボット技術を駆使し、月の縦孔に降下し、将来の月面基地として有望な縦孔や地下空洞の形状測量と空洞内部の環境を調査する。

を開発する計画である。

UZUME-1号には縦孔に繋がる地下空洞の有人基地としての環境の有効性を確認するために、プローブや歩行ロボットに最小限の観測機器を搭載する。観測機器はプローブの降下状況や歩行ロボットの自律的航法の検証にも必要不可欠である。

観測機器の候補としては、1) 縦孔周囲や地下空洞内部の3次元測量を行う小型のステレオカメラとレーザ距離計、2) 縦孔と地下空洞内部の温度環境を測定する温度センサ、3) 縦孔と地下空洞内部の放射線環境を調査するための放射線モニタを挙げている。



地下空洞(暗環境)内部の撮影:カメラと投光器

LED投光器を持つCMOSカメラ(WINDS他搭載モニタカメラ、明星電気)

GoPro HERO (動画撮影パンフォーカスカメラ、4K~フルHD動画)

LED比較/特徴	当商品
XR-Q5 消費: 100mW 電流: 25°C 350mA 熱抵抗: 12°C/W	XR-R5 消費: 110mW 電流: 25°C 350mA 熱抵抗: 9°C/W
	XR-D-R5 消費: 148mW 電流: 85°C 350mA 熱抵抗: 6.5°C/W

【目標性能等】
縦孔内部のフルHDステレオ画像
分解能: 約10cm@10m, 10m@100m
1000万画素以上、フルHD動画撮影
高精度LEDフラッシュライト付きステレオカメラ

OREE社の高輝度LEDチップが有名。148lm/Wのチップも製品化された。熱設計を適切に行えば、100W級も製作可能。例えば、14800lmで照射角3度とした場合、距離100mで100lx(街灯の程度)が確保できる。

2. 縦孔・地下空洞探査に必要な技術

UZUMEの実現のためには、月のクレータの底や火星の峡谷底等、有人では探査することが困難な惑星表面や地下の未踏領域を自律的に探査する技術と、地球外の遠隔地において、研究者に代わり詳細にロボット探査を行う遠隔制御技術の開発が必要である。具体的には、探査用プローブの縦孔への投擲や降下、障害回避、地下空洞でのヒューマノイド型を含む自律的多足歩行や危険回避などである。最初の計画であるUZUME-1号では、縦孔降下と縦孔内部での探査技術の実証を行うと同時に、縦孔の壁面、縦孔底、地下空洞の3次元精密測量の実証と縦孔底や地下空洞の環境を測定する。

3. 縦孔/地下空洞探査ミッションの観測機器

月の縦孔や地下空洞は月面より放射線レベルが低く、温度も安定であると予測されており、将来の有人宇宙滞在の拠点を設営するのに最適な環境であると考えられている。なお、ミッションライフは1週間~1ヶ月程度を想定しており、民生品のアップスクリーニングを駆使して機器

2軸走査型MEMSミラーを用いた3次元レーザスキャナ(案)

【目標性能】MEMS技術を応用した2軸スキャンMEMSミラーを用いて、ミニチュアレーザ測距計の測距レーザ光を2次元走査(数10度)させ、高速に計測対象の3次元測量を実現させる。
測定距離: ~1km
測定精度: ~10cm

レーザ距離計の製品例(1次元)
例 FLIR MLR-10K
測定可能距離: 25m-5km
測定精度: 1m以下
距離分解能: 2cm
電源: 5V, 1.5W
質量: 131g
寸法: 34×54×89mm
動作温度: -40~+75°C
保存温度: -55~+85°C

2軸MEMSミラー(浜フォト)
2D LinScan Microscanner:
2軸MEMSミラーにより、+/-10度の走査、7.5mの測定距離と3mmの分解能を用いたTOF式の小型スキャナ

搭載機器の検討例	目標性能等	搭載位置
4Kステレオカメラ+LEDフラッシュライト <p>CMOSカメラ: 高輝度LEDフラッシュライトを持つ CMOS or CCD カメラ</p>	縦孔内部のHD立体画像 分解能: 約10m(100m), 約10cm(10m) 1000万画素以上 高輝度LEDフラッシュライト付きステレオカメラ	歩行型ロボット 球体型ロボットプローブ
レーザ・レンジ・イメージャ <p>GoldenEye 3D Flash LIDAR: 128 x 128 InGaAs APDを用いたレーザ・レンジ・イメージャ。測距距離: 3km以下, 精度: 15cm以下</p> <p>レーザスキャナの測量イメージ</p>	縦孔内部の3次元測量 距離精度: 約10mm 観測可能距離: 約1km 案1) レーザ・レンジ・イメージャ 案2) レーザ距離計+MEMSミラー走査系 案3) 格子投影法プロジェクタ+ステレオカメラ	歩行型ロボット
温度モニタ <p>RTD: Model 0118F and Space qualified instrumentation amplifier</p>	縦孔内部の環境温度 GOODRICH社 MODEL 0118MF, 白金抵抗温度センサ, -269~+400°C, 0.1%	歩行型ロボット 球体型ロボットプローブ
放射線モニタ <p>SPM: フォトダイオードによるシリコン半導体センサにより、プロトン、電子等のドーズモニタを行う。</p> <p>RRMD-V: 人体への被ばく量を評価するため、宇宙放射線のLET分布を測定する。測定はDouble-sided Silicon Strip Detector(DSSD)を3枚重ねた検出器を用いる。</p>	・縦孔内部の放射線ドーズ量シリコンフォトダイオードセンサ ・月面上宇宙放射線のLET分布測定(実時間型放射線計測装置 RRMD-V)	歩行型ロボット 着陸機