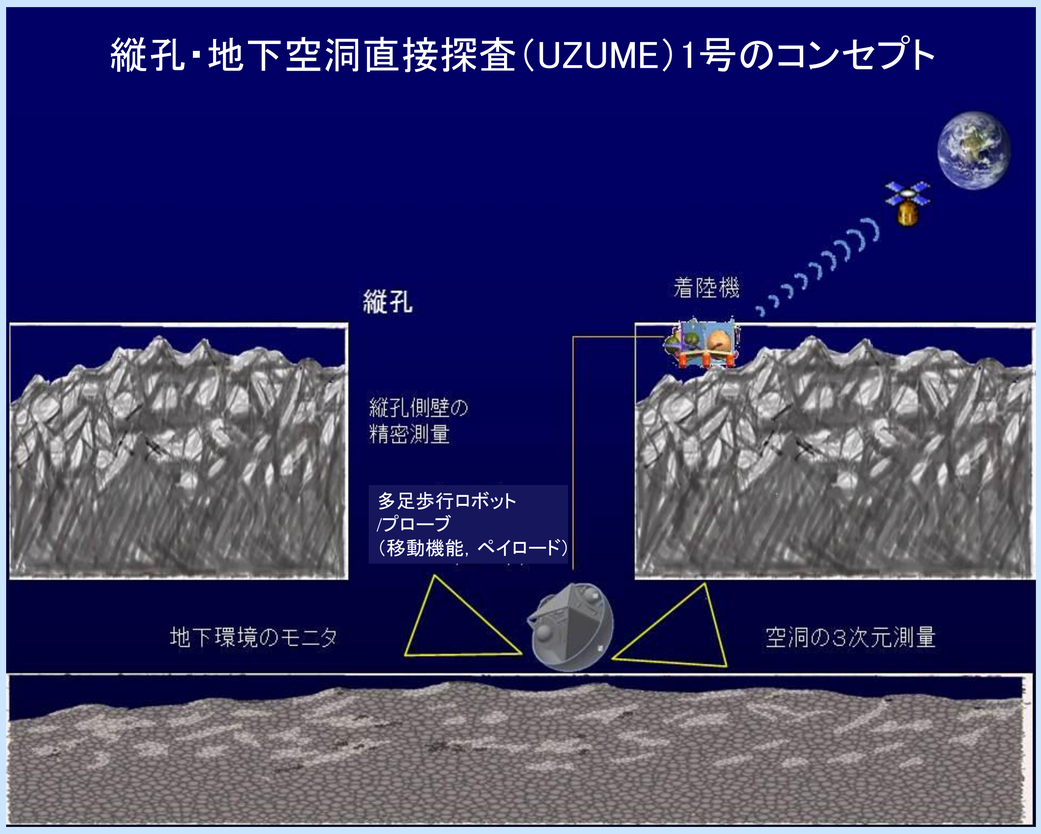
P-076 月火星の地下空洞直接探査リサーチグループ（UZUME）計画 ミッション検討状況

西堀俊幸, 春山純一, 河野功, 山本幸生, 岩田隆浩（JAXA）, 諸田智克（名古屋大）, 古谷克司（豊田工大）, 大山英明（AIST）

1. 世界初の地下空洞直接探査計画（UZUME）

人類初となる月の縦孔・地下空洞探査計画（UZUME）の初号機は，SELENEの観測データにより発見された月の縦孔と，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，月の縦孔に降下して将来の月面基地として有望な縦孔や地下空洞内部の形状測量と縦孔環境科学データを観測するミッションである（下図）．



2. 縦孔/地下空洞直接探査の必要性

表1に月の縦孔が持つ探査対象としての魅力を挙げた．月の縦孔や地下空洞は，隕石による破壊や角礫岩化，太陽風による変成，ダスト嵐による撹拌効果を受けない貴重な場所であり，縦孔は月面で唯一，月の火山活動の新鮮な堆積物が観察できる露頭である．従って，従来明らかにされていなかった科学的課題解決の新たな糸口が見つかる可能性がある．

表1：月の縦孔が持つ探査対象としての魅力

魅　力	内　容
① 月の火成活動の新鮮な堆積物が直接観察できる唯一の露頭	風化を受けていない縦孔側壁の積層構造，溶岩チューブの表面や内部構造は，地球以外の火成活動情報を得るための優れた露頭であり，縦孔の側壁を近傍から撮影することで月のレゴリスの厚さや鉛直構造を明らかにすることができる．
② 太陽風由来の揮発性物質の存在	月面のケイ酸塩と太陽風による水素イオンから水酸基が作られ，常時影となる縦孔の底や溶岩チューブに捕獲されている可能性があり，太陽風由来の揮発性物質の存在量を明らかにすることができる．
③ 縦孔内部固有の環境学	月表面と太陽風プラズマとの電気力学的相互作用による縦孔内部の静電環境の違いと帯電ダストの挙動など，縦孔内部固有の環境学が解明出来る．
④ 将来の有人活動の拠点になる天然のシールド	縦孔や溶岩チューブ内部の環境が，隕石衝突，宇宙線被曝，極端な温度変化等から免れるためにシールドとして機能するため，将来の観測拠点や有人活動の拠点として非常に魅力的な環境である可能性がある．

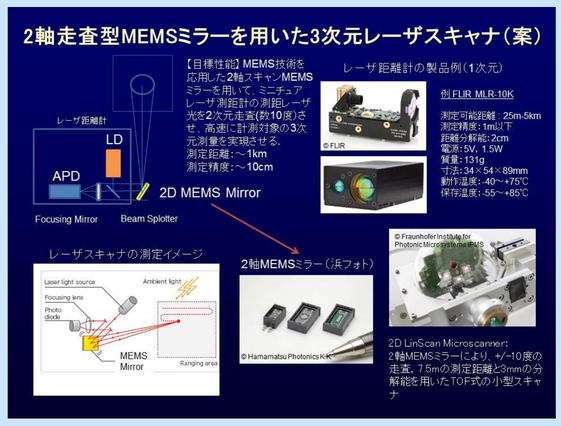
3. 縦孔/地下空洞直接探査のミッション機器

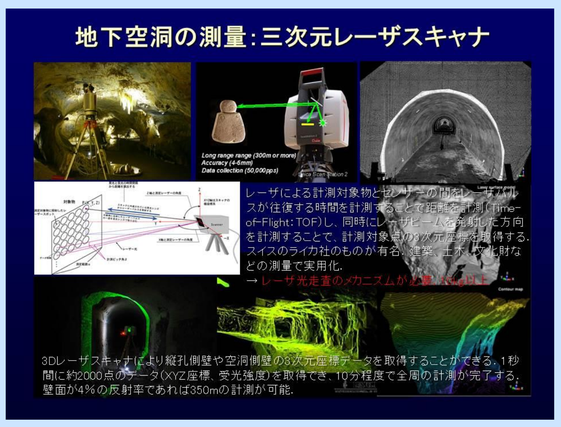
表2に現段階で考えられるUZUME-1のミッション機器案を示す．観測機器の候補としては，1）縦孔周囲や地下空洞内部の3次元測量を行う小型のステレオカメラとレーザ距離計，2）縦孔と地下空洞内部の温度環境を測定する温度センサ，3）縦孔と地下空洞内部の放射線環境を調査するための放射線モニタを挙げている．

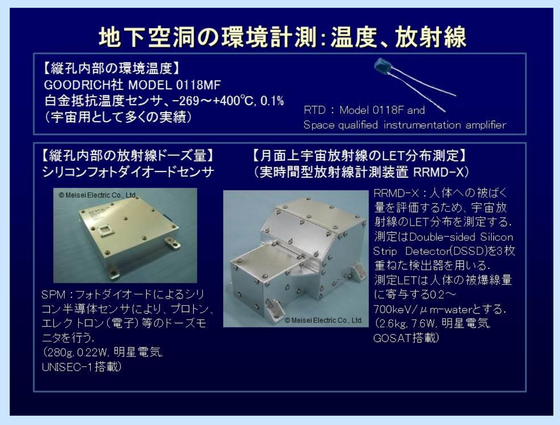
ミッション機器はミッションコンセプトを受けてISASのWGの活動として科学目的を達成するための手段として選定され，具体化がなされるだろう．但し，UZUME-1で使う観測機器は超小型かつ軽量で開発が容易でなければならない．

表2：地下空洞直接探査のミッション機器案

観測項目	ミッション機器	性能要求
暗環境における縦孔内部の撮影	2眼ステレオカメラ＋フラッシュライト	縦孔壁面、縦孔内部の全周の立体画像を降下（前中後）で撮影する 【新規開発】 目標分解能：～10m@100m，～10cm@10m
縦孔内部の3次元測量	レーザスキャナ（走査型TOFタイプ）	縦孔壁面、縦孔内部、溶岩チューブの3次元精密測量を降下（前中後）で行う 距離精度：～10mm 観測可能距離：～1km 【新規開発】
温度	白金抵抗温度センサ	縦孔内部の温度（機器の温度を含む）と時間変化を知る
表面温度分布	非冷却赤外検出器	縦孔内部や溶岩チューブ側壁の温度分布とその時間変化を知る【小型化が必要】
放射線	シリコンフォトダイオード	縦孔内部の放射線環境を知る．特に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 【小型化が必要】







4. 縦孔/地下空洞直接探査のサクセスクライテリア

現段階で考えられるUZUME-1ミッションのサクセスクライテリアを表3に示した．ミッションコンセプトはISASのWG活動として科学目的を達成するための手段の具体化がなされるだろう．

表3：地下空洞直接探査のサクセスクライテリア案

達成レベル	クライテリア
ミニマムサクセス	・MS1：縦孔内部に環境調査プローブを降下させることに成功し，降下中の縦孔側壁の撮影と降下後に縦孔底内部の立体撮影を行う ・MS2：縦孔降下中の温度と放射線環境の変化を計測する
ノミナルサクセス	・NS1：縦孔底内部の全方位の立体画像を撮影する ・NS2：縦孔底内部の温度環境と放射線環境を27日以上測定する ・NS3：降下位置から縦孔底と内部の3次元精密測量に成功する
フルサクセス	・FS1：球形プローブ等，縦孔内部での簡易移動ローバ等の移動により，縦孔内部の異なる場所における撮影と温度及び放射線環境を得る ・FS2：降下位置から縦孔に繋がる溶岩チューブの空間内部の3次元測量に成功する

This document is provided by JAXA.