

PPS024-40

会場:103

時間:5月23日 18:15-18:30

ペネトレータの技術開発の成果と将来月探査計画への適用 Technical readiness of lunar penetrator and its application to future lunar exploration

白石 浩章^{1*}, 田中 智¹, 小林 直樹¹, 村上 英記², 藤村 彰夫¹, 早川 基¹

Hiroaki Shiraishi^{1*}, Satoshi Tanaka¹, Naoki Kobayashi¹, Hideki Murakami², Akio Fujimura¹, Hajime Hayakawa¹

¹ 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所, ² 高知大学

¹ ISAS/JAXA, ² Kochi University

1990年に開始された旧 LUNAR-A 計画は、「ペネトレータ」と呼ばれる硬着陸型貫入プローブを月面の表裏に設置し、内部に搭載した地震計と熱流量計により月内部の構造を調べる月内部構造探査を目的としたミッションであった。月探査用ペネトレータは、全長約 76cm、最大直径約 14cm、重量約 14kg の槍型の観測プローブである。その最先端はチタン合金製、主構体は炭素繊維強化プラスチック (CFRP) 製であり、後端に配されたアンテナ部はガラス繊維強化プラスチック (GFRP) 製でアンテナ素子が GFRP 成型部に埋め込まれている。構体内部には、科学観測機器として地震計 2 成分と熱流量計のほか、加速度計・傾斜計・地震計シンバル機構・計測回路・データ処理回路・UHF 系通信機器・塩化チオニルリチウム電池が搭載される。また、月面に秒速約 300m/sec の高速度で突入する際の貫入衝撃からこれらの搭載機器を保護するために可動部分を除く空隙を高強度エポキシ樹脂とガラスマイクロバルーンを混合したポッティング剤で充填モールドしている。これまで射出貫入試験を主体とした搭載機器と耐衝撃性実装技術の開発が行われてきたが、ペネトレータに関わる技術的問題の発生により不具合対策と改修作業を 2010 年度まで継続してきたところである。

2004 年 1 月に宇宙科学研究所本部 (ISAS) における「技術評価委員会」、同年 7 月の科学衛星独立評価チームによる「プロジェクト総点検」、同年 11 月に宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 経営企画部による「ペネトレータ開発に関する技術確認会」がそれぞれ実施され、主として技術的側面からの評価が行われた。また、同年 8 月から 9 月にかけて外部の専門家による「計画検討委員会」が実施され、計画遂行や経営的側面からの評価が行われた。これらの各評価委員会からの主要な提言をまとめると、

(1) LUNAR-A 計画の科学目標はいまだにその重要性を低下させていることはなく、将来の固体惑星探査においてもペネトレータ技術の確立は世界に先駆けた重要な探査手段を提供することができる。

(2) ペネトレータ開発の主要課題である搭載機器の耐衝撃性確立については目処がつつつつあるが、一部の機器に要対策事項が存在していることから衛星開発を一時中断し、「ペネトレータ技術の完成」を優先して開発研究を継続すべきである。

との勧告が行われた。そのため、ペネトレータについてはさらなる改良を加えることで信頼性・ロバスト性を向上させた機能確認モデルおよび実機相当モデルを製作して、実フライト時よりも過酷な QT(認定試験) 条件での貫入試験を 2005 年以降、計 4 回シリーズにわたって行ってきた。最終的には、2010 年 8 月から 9 月にかけて実施した熱構造モデルに対する射出貫入試験と低温熱応力試験の結果によって月探査用ペネトレータに対する技術確立に一応の目途をつけるに至った。また、現行ペネトレータに関する残存課題の克服と平行して、(a) 開発技術の継承、(b) 信頼性向上、(c) 製造期間の短縮化・低コスト化、などを目的としたペネトレータ技術の開発課題を設定し、その一部については部分要素モデルを試作しての熱応力試験や貫入試験によって検証を重ねてきたところである。2004 年以降の詳しい経緯については、文部科学省宇宙開発委員会推進部会への報告書 (平成 19 年 1 月) を参照されたい。

LUNAR-A 計画自体は 2007 年に中止となったが、これまで開発してきたペネトレータ技術を月惑星探査ミッションにおいて飛翔実証すべく、SELENE 後継機での利用や国際協力の枠組みでの搭載可能性について模索を続けてきた。その中で最も具体的な検討を行ってきたのが、ロシアが 2010 年代に予定している月探査シリーズ「Luna-Glob」計画への適用である。当初の検討案では、LUNAR-A ミッション用とほぼ同一仕様のペネトレータ 4 機をロシア側が担当する周回衛星に搭載することを想定しており、軟着陸機を含めた長期ネットワーク観測によって月内部構造の解明に大きな貢献が期待できるものと考えられた。2007 年以降、ロシア側との間で開発分担や最も重要なインターフェース部分となる周回衛星 - ペネトレータ間の通信システムおよび新規開発要素となる切り離し機構を中心に技術検討を重ねてきた経緯についても報告する。