

ペネトレータ技術を応用した惑星探査ミッションについて Future prospect of planetary exploration by penetrator technology

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

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

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

ペネトレータとは月や惑星の表面に高速貫入・設置することで観測を行うハードランディング型の観測プローブのことである。通常の軟着陸機(ランダー)に比べて小型・軽量化された衛星システムを実現することができ、一回のミッションで固体惑星表面の複数点に設置して地球物理観測網を広範囲で展開することができる。また、掘削装置を利用せずに表層下のその場観測を実現することができるため、探査機システムの小型・軽量化が要求される宇宙ミッションにおいて重要な観測手段に位置づけられてきた。そのため、諸外国でも惑星探査ミッションへ適用するための開発研究が長年行われてきているが、2014年に彗星探査を目指す欧州宇宙機関のRosettaミッション(加速度計と温度計を搭載し軟着陸機のアンカーの役割も担う)を除くとその有効性がいまだ宇宙実証されていない状況である。ペネトレータ技術の最も大きな開発要素は高速貫入に伴って発生する衝撃への耐性であり、ケース外套を含めた搭載機器を保護するための高度な艦装技術(ポッティングと呼ぶ)が求められる。地震計および熱流量計による内部構造探査を目的として旧LUNAR-A計画用に開発してきた月探査用ペネトレータでは、搭載機器の耐衝撃性について一定の見通しが立ったものの、重量・電力リソースの厳しい制約の中で実現したシステムであるため、将来の惑星探査ミッションに発展応用していくためにはさらに技術的課題を解決し、新たな科学観測機器も開発していく必要がある。例えば、2003年から2004年にかけてJAXA内外の専門家による一連の評価委員会においても技術開発と製造性に関する以下のような指摘がなされた。

(1) コンポーネント製造からポッティング工程終了まで約1年の長期間を要する。

(2) 現行仕様の充填剤および実装方法では、ポッティング工程中および貫入試験後に内部搭載機器を分解・調査することが困難である。

(3) 現行のCFRP製一体構造の搭載方式ではポッティング工程中および貫入試験後に一部の機器に不具合が発生すると、ペネトレータ全ブロックが以降の試験に使用できなく(使い捨てに)なるリスクを抱えている。

つまり、現状の製造工程と試験方法では試験回数が少なくなること、ターンアラウンドの期間が長くなること、試験前後の調査・改修が十分に実施できないことなどから開発の長期化、高コスト化、ひいては開発技術の信頼性低下を招く結果に至ったという指摘である。そのため、通常の宇宙衛星には適用されない貫入衝撃を模擬する試験装置を整備するとともに、搭載機器の製造工程と地上試験のターンアラウンドを短縮化することで多数回の検証機会を設けることが重要である。課せられる衝撃レベルや環境条件は探査目標とする天体とミッションを遂行する科学観測機器の組合せによって異なることが予想されるが、厳しい搭載環境条件を回避もしくは緩和する方策についても検討していく必要がある。本研究では、月探査用ペネトレータを技術開発し実際の宇宙ミッションへの適用を試みてきた経験をもとに、月以外の惑星天体を対象としたペネトレータ方式によるミッションを提案し、それぞれの科学目標を達成するための候補観測機器、新規開発要素および観測運用方法などについて検討を行った結果を報告する。