

小型宇宙科学衛星を使ったペネトレータ惑星内部構造観測システムの実証ミッション Proposal for Demonstration of Penetrator Technology by Small Satellite and Epsilon Launch Vehicle

白石 浩章^{1*}; 山田 竜平²; 石原 吉明¹; 小川 和律¹; 岡元 太郎³; 竹内 希⁴; 石原 靖⁵; 村上 英記⁶; 田中 智¹; 小林 直樹¹; 早川 雅彦¹; 早川 基¹; 新谷 昌人⁴; 後藤 健¹; 水野 貴秀¹; 石井 信明¹; 津田 雄一¹; 羽生 宏人¹; 梯 友哉¹; 石村 康生¹; 徳留 真一郎¹

SHIRAISHI, Hiroaki^{1*}; YAMADA, Ryuhei²; ISHIHARA, Yoshiaki¹; OGAWA, Kazunori¹; OKAMOTO, Taro³; TAKEUCHI, Nozomu⁴; ISHIHARA, Yasushi⁵; MURAKAMI, Hideki⁶; TANAKA, Satoshi¹; KOBAYASHI, Naoki¹; HAYAKAWA, Masahiko¹; HAYAKAWA, Hajime¹; ARAYA, Akito⁴; GOTO, Ken¹; MIZUNO, Takahide¹; ISHII, Nobuaki¹; TSUDA, Yuichi¹; HABU, Hiroto¹; KAKEHASHI, Yuya¹; ISHIMURA, Kosei¹; TOKUDOME, Shinichiro¹

¹ 独立行政法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所太陽系科学研究系, ² 国立天文台 RISE 月惑星探査検討室, ³ 東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻, ⁴ 東京大学地震研究所, ⁵ 海洋研究開発機構 地球内部ダイナミクス領域, ⁶ 高知大学理学部応用理学科

¹Department of Solar System Sciences, Institute of Space and Astronautical Science, JAXA, Japan, ²National Astronomical Observatory of Japan, RISE project, ³Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, ⁴Earthquake Research Institute, University of Tokyo, ⁵IFREE, JAMSTEC, ⁶Department of Applied Science, Faculty of Science, Kochi University

ペネトレータとは小型軽量の高速貫入型観測プローブのことであり、固体表面をもつ月や固体惑星上に1回のロケット打上げで多点観測ネットワークを実現するための有効な手段を提供する。これまでも国内外でペネトレータの開発が行われ、惑星探査プロジェクトへの応用が数多く提案されてきた。このことは固体惑星の多点観測によって実現される地震観測網による内部構造探査や軟着陸では到達困難な地域でのその場観測等、ペネトレータ技術がもたらす将来の科学観測の広がりへの期待を示すものである。しかし、その特性からも明らかなように惑星表面への貫入衝撃に耐えられる搭載機器の開発が最も大きな技術的ハードルである。加えて、ペネトレータによるネットワーク観測を実現するためには、

- ・周回衛星からの分離・投下・設置技術
- ・ペネトレータ-周回衛星間の通信技術
- ・長期間・多点・同時観測を行う運用技術

なども必須の開発課題である。旧 LUNAR-A プロジェクトでは月内部構造を地球物理学的手法で観測するためにこれらの工学技術を設計・開発して様々な地上試験を行ってきたが、飛翔実証を行うには至らなかった。そこで既存の開発技術を継承したペネトレータモジュールを再製造(新規開発を一部含む)するとともに、月周回衛星からの投下設置技術とペネトレータの観測運用技術を実証することで将来の本格的なネットワーク観測につなげることを目指すことが小型科学衛星ミッションへの提案目的である。

打上げロケットとしては、イプシロンロケット標準型に新規開発する4段キックステージを追加して月遷移軌道へのペイロード重量を増加させる。小型月探査機は月周回投入後、略円軌道上でペネトレータモジュールを分離・投下して、データリレーのための軌道変更を行う。一方、分離投下されたペネトレータモジュールは軌道離脱モータの噴射によって周回速度成分をキャンセルした後、高度約25kmからの自由落下中に90度の姿勢変更をしてから速度約300m/sec以下で月面を覆うレゴリス層に2~3mの深さまで潜り込む。ペネトレータ本体にはLUNAR-A計画において開発された地震計と熱流量計のほか、加速度計や傾斜計を搭載して貫入設置後に科学観測を実施する。月の内部、特に、浅部の物理的・熱的構造に関する知見を得ることを目的とする。例えば、ペネトレータ搭載地震計の観測中に月の夜側で起こる隕石衝突発光現象を地上望遠鏡で捉えることができれば、震源位置と発生時刻が精度良く決まったイベントとして地殻や浅部マントルの構造を調べるために利用することができる。一方、熱流量についてはアポロ着陸点やルナ着陸点とは異なる地質ユニットに設置して観測することができれば地殻を構成する元素の割合や月全体の難揮発性元素の存在度を推定する手がかりとなる。

本発表では小型月探査機概念検討、ペネトレータ搭載機器の観測目標と運用計画の概要について紹介する。

キーワード: 小型科学衛星, イプシロンロケット, ペネトレータ, 地震計, 熱流量計
Keywords: small satellite, Epsilon rocket, penetrator, seismometer, heat flow probe