

## 月探査用短周期地震計の広帯域化と惑星探査計画への適用

## Improvement of the penetrator seismometer for extending the frequency response and application to future planetary explorations

# 白石 浩章 [1]; 山田 竜平 [2]; 山田 功夫 [3]; 田中 智 [4]; 藤村 彰夫 [4]; 鹿熊 英昭 [5]; 小林 直樹 [6]; 竹内 希 [7]; 岡元 太郎 [8]; 村上 英記 [9]

# Hiroaki Shiraiishi[1]; Ryuhei Yamada[2]; Isao Yamada[3]; Satoshi Tanaka[4]; Akio Fujimura[4]; Hideaki Kakuma[5]; Naoki Kobayashi[6]; Nozomu Takeuchi[7]; Taro Okamoto[8]; Hideki Murakami[9]

[1] 宇宙機構・科学本部; [2] 宇宙研; [3] 名大・環境・地震火山防災研究センター; [4] 宇宙研; [5] 地震予知振興会; [6] 東工大・地惑; [7] 東大地震研; [8] 東工大・理工・地球惑星; [9] 高知大・理・応用理学

[1] ISAS/JAXA; [2] JAXA; [3] Research Center for Seismology and Volcanology Nagoya Univ.; [4] ISAS; [5] ADEP; [6] Earth and Planetary Sci, Tokyo Tech; [7] ERI, Univ of Tokyo; [8] Dep. Earth Planet. Sci., Tokyo Institute of Technology; [9] Dept. Applied Sci., Kochi Univ

これまで月探査計画 LUNAR-A の観測プローブであるペネトレータに搭載することを目的として開発された地震計（固有周期 1 秒の短周期計）をベースに有効な観測周波数帯域を広げる改良を行った。この月探査用短周期計は汎用のジオフォンなどに比べて超小型で軽量化されながら、極めて微弱な月震イベントを捕らえるために高感度な特性をもっている。同時にペネトレータが月面に貫入する際の 10000G に及ぶ激しい衝撃にも耐えられる構造を実現している。今回開発する広帯域計は宇宙機搭載用としての冗長性を考慮して、短周期モードと広帯域モードで観測運用や電源リソース状況に応じた切り替えが可能な方式で設計することも考慮した。そこで、開発済みの短周期計のもつ利点（高感度・小型・軽量・耐衝撃性構造）を極力維持しながら、広帯域化（固有周期を 1 秒程度から 10 秒以上に）するために次の 2 つの方式を採用して回路設計と性能評価を行った。第 1 の方式はセンサーの振り子（可動部）と固定部の間に位置検出用電極板を搭載し、その容量変化を電気的に測定して変位量に応じた力を正帰還するとともに、速度出力を負帰還して制御する方式である。第 2 の方式は現行短周期センサーには全く改良を加えず、電子回路の追加のみで周波数特性を制御する方式である。いずれの方式についても、短周期センサーの性能パラメータ（発電感度、振り子重量、固有周期など）を考慮して、フィードバック回路に適した素子定数を数値シミュレーションとブレッドボードの試作による校正試験を繰り返しながら最適化を図った。その結果、2 つの方式ともに速度出力の平坦特性を周期 10~20 秒程度まで延ばすことができることが分かった。

現在、宇宙航空研究開発機構では、月周回衛星 SELENE（かぐや）の後継機として軟着陸機による表層地質調査と地球物理および測地学的手法による内部探査を主たる目的とした次期月探査計画 SELENE2 が進められている。本研究で開発している広帯域計は宇宙機搭載用としてすでに種々の環境耐性試験をクリアしているセンサーをベースとしている。つまり、開発期間の短縮やコスト低減の観点からも 2010 年代中頃までの打ち上げを目標としている SELENE2 計画に適用することが妥当と考えて搭載提案を行っているところである。今後はフィードバック回路および計測回路を含めたセンサー系の低ノイズ化と省電力化を進めるとともに、月面への展開設置を想定した観測環境への適用を考慮した支援システム（電源系・通信系・熱制御系など）の開発も行う予定である。