

ペネトレータ搭載用地震計の特性と地動観測

The characteristics of the seismometer on board the penetrator and the seismic observation

山田 竜平 [1]; 山田 功夫 [2]; 白石 浩章 [3]; 小林 直樹 [4]; 竹内 希 [5]; 村上 英記 [6]; 田中 智 [7]; 藤村 彰夫 [7]

Ryuhei Yamada[1]; Isao Yamada[2]; Hiroaki Shiraiishi[3]; Naoki Kobayashi[4]; Nozomu Takeuchi[5]; Hideki Murakami[6]; Satoshi Tanaka[7]; Akio Fujimura[7]

[1] 東大・理・地球惑星; [2] 名大・環境・地震火山防災研究センター; [3] 宇宙機構・科学本部; [4] 東工大・地惑; [5] 東大地震研; [6] 高知大・理・自然環境; [7] 宇宙研

[1] Earth and Planetary Sci. Tokyo Univ; [2] Research Center for Seismology and Volcanology Nagoya Univ.; [3] ISAS/JAXA; [4] Earth and Planetary Sci, Tokyo Tech; [5] ERI, Univ of Tokyo; [6] Natural Environmental Sci., Kochi Univ; [7] ISAS

日本では、月惑星や有人での探査が困難な地域に地震計や熱流量計などの観測機器を設置するツールとして、投下貫入型のプローブ「ペネトレータ」の開発を実施している。日本の月探査ミッション「LUNAR-A」では、ペネトレータに二軸の地震計を搭載して月面に貫入させた後、月震の観測により月の内部構造探査を行う事が計画されていた。

本発表では、LUNAR-A ミッションを経て開発されたペネトレータ搭載用地震計（速度型短周期電磁式地震計）の仕様と特性、更にこれを用いて地球上で地動観測を実施した結果についての報告を行う。

まず条件として、地震計はペネトレータの貫入時に数千G以上の衝撃が加わるので、この衝撃に耐えて地動を観測できるだけの特性を維持していなければならない。本研究では地震計の耐衝撃性確認のため、米国のサンディア国立研究所でペネトレータの貫入衝撃試験を実施した。試験では月面を想定しており、擬似レゴリスに対し、無反動砲を用いて地震計を搭載したペネトレータを発射貫入させ、月面貫入衝撃で予測される衝撃の1.25倍相当の衝撃を与えている。この貫入衝撃後の地震計の特性（固有周波数、減衰定数）と観測性能の確認を行った。

特に、地震計は静かな月面での観測用として高感度に設計されているので、地球上では一般的にノイズの多いデータが取得されてしまう。よって、本研究ではノイズレベルが低い名古屋大学の犬山地震観測所で特性と観測性能の確認試験を実施した。観測所内での常時微動の振幅（速度換算で $1E-8 \sim 1E-9$ (m/sec)(1Hz)）は大きな深発月震のピーク値と同程度の大きさである。

まず、観測所内でペネトレータ搭載地震計二成分（水平動、上下動）のキャリブレーション波形を取得したところ、貫入衝撃後も地震計二成分は月震観測において必要な特性を維持している事を確認できた。次に、観測試験では、リファレンスとして、ペネトレータに搭載していない単体での地震計と物理探査用地震計L-4(Mark Product)、更に広帯域地震計STS-2を用意し、水平動、上下動2成分での同時観測を実施した。

ペネトレータ内の地震計は無人での調軸のため、2軸のモータにより制御されるジンバル内に搭載されており、地震計はジンバル内で摩擦車の摩擦と軸受けにより支持されている。従って振動のレベルにより地震計が摩擦車と軸受けの弾性を反映した固有の振動を行う可能性もある。更に、水平動・上下動はペネトレータの容量制限からジンバル内で近接して設置されているため、互いの地震計の干渉による影響が与えられている可能性もある。本研究ではリファレンス地震計との観測波形の比較より、特にこれらの影響についての評価を行い、報告する。