

第17号科学衛星(LUNAR-A)
プロジェクトの状況について

平成19年1月10日

宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究本部 中島 俊

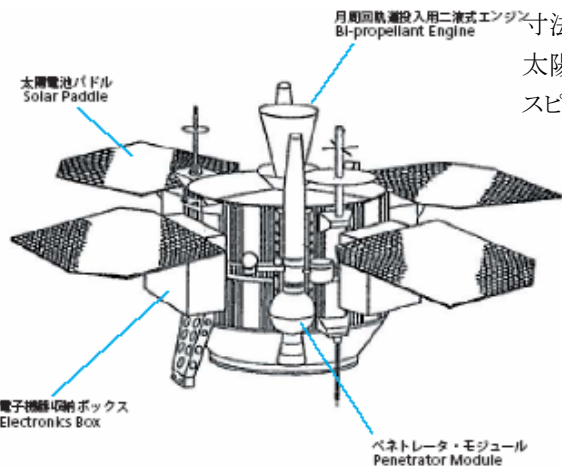
(0)はじめに

- LUNAR-Aプロジェクトについてはペネトレータ開発が難航したため、プロジェクト開始から10年以上が経過している。
- このような状況の中、平成16年(2004年)8月に宇宙開発委員会に以下の対応方針を報告した。
 - ペネトレータ技術は我が国の惑星探査において主要な探査手段となり得るものであり、また今後のミッション意義そのものは変わらない。
 - JAXA内で実施した総点検の結果、識別されたペネトレータ開発の課題の対策に3年程度が見込まれる。
 - このような状況は重大な事態と判断せざるを得ず、これまでの技術的判断及びプロジェクト運営に関する総括を行った上で、JAXAとしてプロジェクトを見直し、今後の対応策を立案することとしたい。
- 以上を受けて、ペネトレータの開発を進め、平成18年(2006年)6月に実施したペネトレータ貫入試験によりペネトレータ技術の完成にほぼ目処が立った。
- また、JAXA内外の委員によりプロジェクトの評価を平成16年に行った。さらに平成15年(2003年)のJAXAの一連の事故を受けて設置されたチーフエンジニアオフィスによりシステムズエンジニアリングの新たな観点からLUNAR-Aの評価を平成18年9月に行った。
- これを基にプロジェクト見直しの検討を行ったことから、見直し案について宇宙開発委員会推進部会での評価を受けることとしたい。

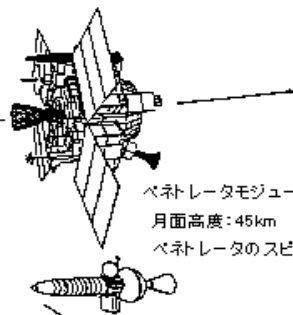
(1) プロジェクト概要

2本のペネレータで月面に設置される月震計、熱流量計によって、月内部の構造、組成、熱的状态などを観測する、月内部構造探査を主目的とした、世界初の計画である。これにより、現在の月の全球的状况がわかり、月の成因に迫ることができる。

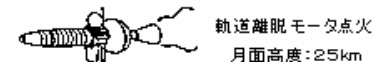
母船: 重量=540kg(打ち上げ時)、
寸法=直径、約1.2m、高さ、約1.3m
太陽電池パドル端から端まで=約3.8m
スピン安定型



ペネレータ貫入シーケンス



ペネレータモジュールの母船からの分離
月面高度: 45km
ペネレータのスピン: 2rps



軌道離脱モータ点火
月面高度: 25km



軌道離脱モータ燃焼終了後
姿勢変更スタート



姿勢変更終了後、
ニュートーション制御スタート



ニュートーション制御終了後、
軌道離脱モータなどを分離、
ペネレータ本体の貫入

ペネレータの貫入速度
280 ± 20m/s

貫入迎角(機軸と速度ベクトルの角)
8.6° (Max)



月面



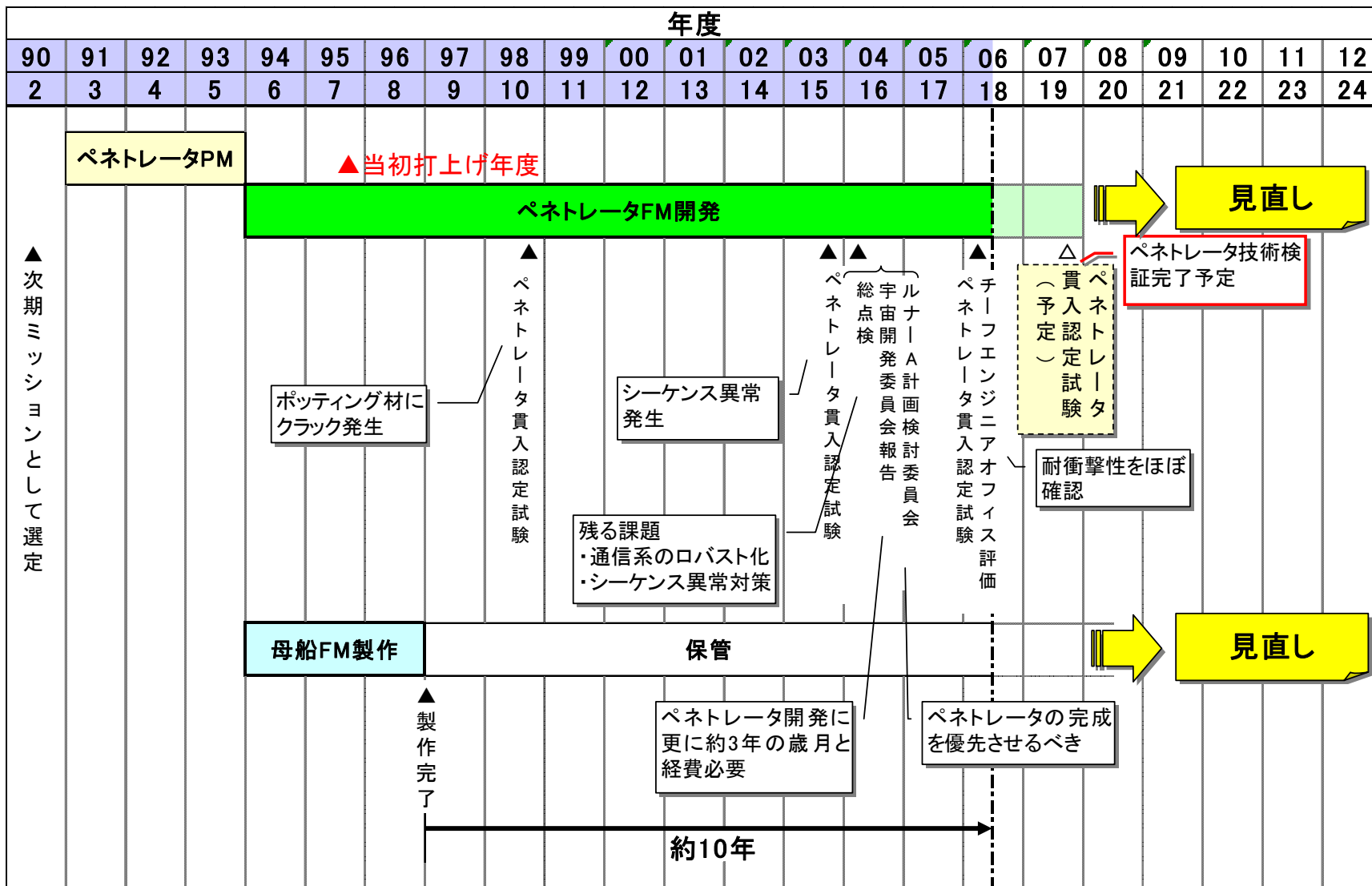
ペネレータの貫入深さ: 1~3m
貫入後の姿勢: 鉛直から60度以内



ペネレータ: 本体重量=13.5kg
本体寸法=直径、14cm、長さ、80cm
ペネレータモジュール全体重量=43kg

(2) 開発スケジュール

西暦
平成



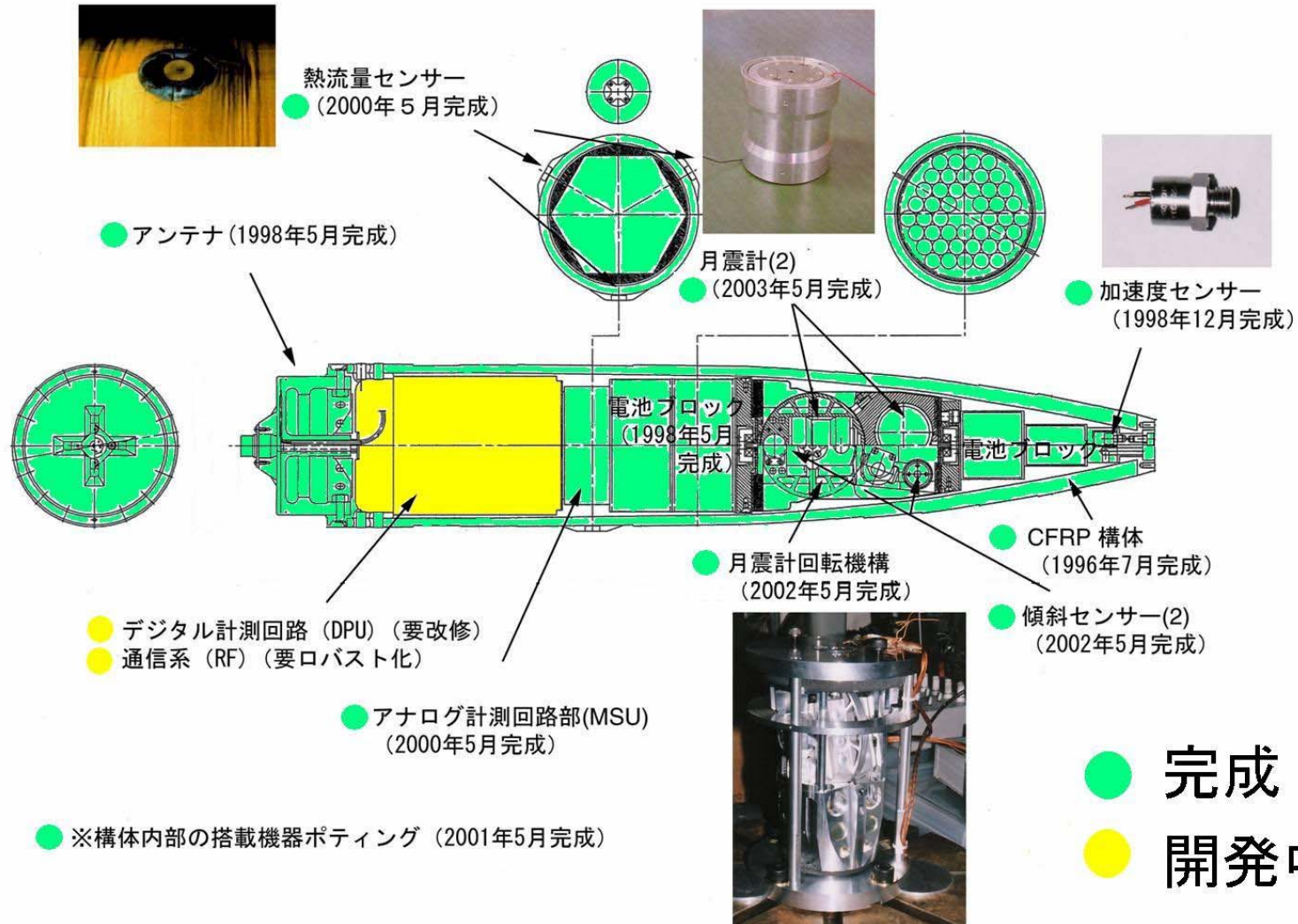
(3) 開発経緯

| 時期(年) | | 実施内容 | 打上げ予定 (年度) |
|-------|------|---|---------------|
| 1983 | 昭和58 | 宇宙科学研究所に月探査作業部会設置 | |
| 1990 | 平成2 | 宇宙理学委員会でLUNAR-A計画を次期ミッションとして選定 | |
| 1991 | 平成3 | プロトタイプモデル(PM)製作開始 | 1995(平成7) |
| 1992 | 平成4 | 打上げ延期(M-Vロケット開発の遅れのため) | 1997(平成9) |
| 1994 | 平成6 | フライトモデル(FM)製作開始 | |
| 1997 | 平成9 | 打上げ延期(ペネトレータ分離機構改修等のため) | |
| 1998 | 平成10 | 打上げ延期(ペネトレータ貫入認定試験においてポッティング材にクラック発生のため) | 2002(平成14) |
| 2000 | 平成12 | 打上げ延期(ASTRO-E打上げ失敗のため) | 2003(平成15) |
| 2002 | 平成14 | 打上げ延期(MUSES-C打上げ延期のため) | 2004(平成16) |
| 2003 | 平成15 | ペネトレータ貫入認定試験において各機器の耐衝撃性は確認。ただし、タイマーシーケンスに異常発生。(11月) | 未定 |
| | | 打上げ延期(米国製スラスト推薬弁リコールに伴う改修のため)(12月) | |
| 2004 | 平成16 | 総点検実施(課題:通信系ロバスト化、タイマーシーケンス異常対策)(2~7月) | |
| | | 宇宙開発委員会へ今後の対応方針を報告(8月) | |
| | | LUNAR-A計画検討委員会(外部評価)、LUNAR-Aペネトレータ開発の今後の対処策に関する技術確認会(JAXA内評価)を実施(8~11月) | |
| 2006 | 平成18 | ペネトレータ貫入試験においてペネトレータの耐衝撃性をほぼ確認(6月) | |
| | | チーフエンジニアオフィス評価を実施(9月) | |

(4) ペネトレータ貫入試験の状況

- 2つの残存課題への対応
 - － 残存課題1:「母船／ペネトレータ間の通信系のロバスト化」
 - フィルターの追加などによるノイズ耐性の一部強化
 - － 残存課題2:「シーケンス異常への対応」
 - 貫入時の衝撃をもとに人為的に一定時間の電源断を引き起こす「リセット回路」の搭載
 - 静電気の放電によりロジック系のクロックが停止する問題を解消
 - 貫入機体のソフトをより信頼性の高いFM用のソフトをベースにソフトの改修
- 最悪の条件をマージンに入れた設計および衝撃試験を実施して信頼性を確認しており、平成18年(2006年)実施の貫入試験により、ペネトレータの耐衝撃性はほぼ確認が取れた。
- 上記の対応に加え、デジタル回路系の通信系のロバスト化対策を行った最終形態による貫入試験を平成19年度(2007年度)に実施すれば、ペネトレータ技術は完成する見込み。

(5) ペネトレータ技術の完成状況

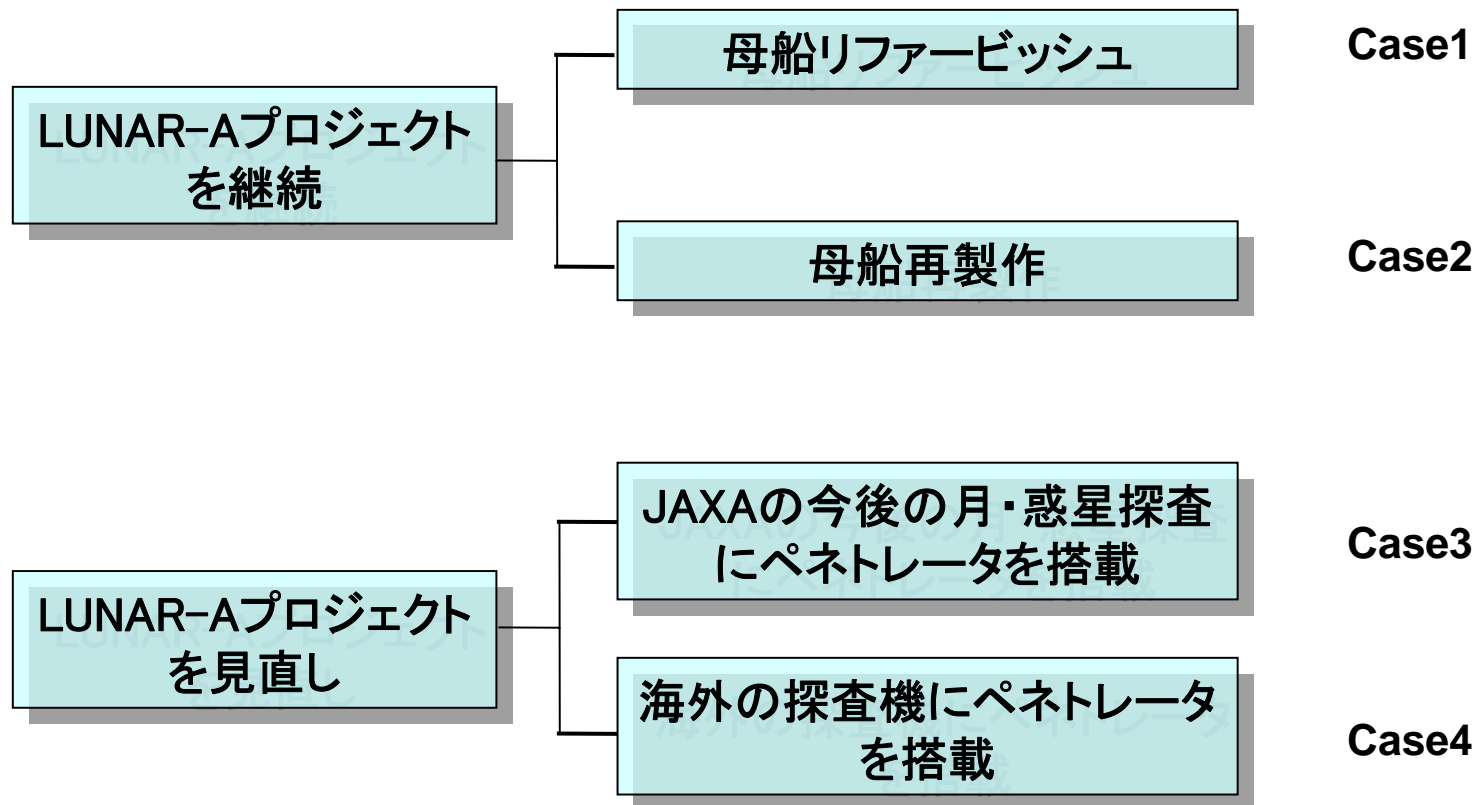


(6) 月内部探査とペネトレータの重要性

- 現在までに取得されている月科学の主たる情報は、「表層」について遠隔探査で得られたものである。有人のアポロ計画で得られた「月内部」に関するデータは限られたものであり、全体の理解には不十分であった。
- 月内部を直接探る月震計ネットワークは月の統一的な理解のために必須であり、得られる内部情報により月科学は質的な変貌を遂げることが可能になる。
⇒今の月(例:コアの有無、月の表裏の違いなど)の統一的な理解から月起源と進化の解明へ、更に、月の理解から地球や地球型惑星の理解へと進む。
- 月震計などのネットワークを無人で構築することを目標として開発されてきた**ペネトレータは月内部探査にとって強力な手段であり、極めて重要な役割を担う。**
- ペネトレータは長年にわたって国内外で開発が進められ、NASA、ロシアで火星等への投下が試みられたが成功例はない。我が国においては超一級の科学成果が期待できる月震計、熱流量計等の観測機器の開発に成功しており、耐衝撃技術において世界をリードしている。
- JAXAは今後もペネトレータの研究を進め、月だけでなく、惑星内部探査をも目指した我が国独自のペネトレータを完成させる。



(7) LUNAR-A開発の見直し案



參考資料

(参考1) ミッション概要・目的・目標

● ミッション概要

- 2本のペネトレータ(槍型の貫入体)により月面に月震計、熱流量計を設置し、月内部の構造、組成、熱的状态に関する観測的研究を実施する。

● 目的

ペネトレータにより月面に設置される月震計、熱流量計によって月内部の構造、組成、熱的状态に関する観測研究を行う。

● 目標

- (1) 地球－月系空間におけるいん石のサイズの分布、衝突頻度、速度、浅発及び深発月震の発生メカニズム、月の全体構造(特に中心核の有無)を解明する。
- (2) ペネトレータ搭載の熱流量計の観測により、月内部の放射性元素の存在度、温度構造を解明する。
- (3) 新推進システム(二液推進)による軌道変換及び姿勢制御技術の取得。
- (4) 惑星探査に必要なペネトレータ－母船－地球間のデータ送受信技術の確立。



(参考2) 観測内容

月震観測

- 月震計により500~1400 km の深さで起こる月震を観測し、月中心核の大きさを±50kmの精度で推定するなど月内部構造についての情報を得る。
- 月裏側(マスコンの無い領域、古い地殻)の月震活動度を観測。
- 裏地殻の弾性波速度や散乱などの物理特性を得る。
- 隕石衝突による月震観測から衝突の頻度やエネルギーの情報を得る。(月の表裏の性質の違い、マンツルの岩石種や中心核の有無について月震を使って調べることで、まだよくわかっていない月の起源と進化過程に大きな制約を与える。隕石衝突で起こる月震についての観測からは、月の集積過程についての有益な情報も得られる。)

熱流量観測

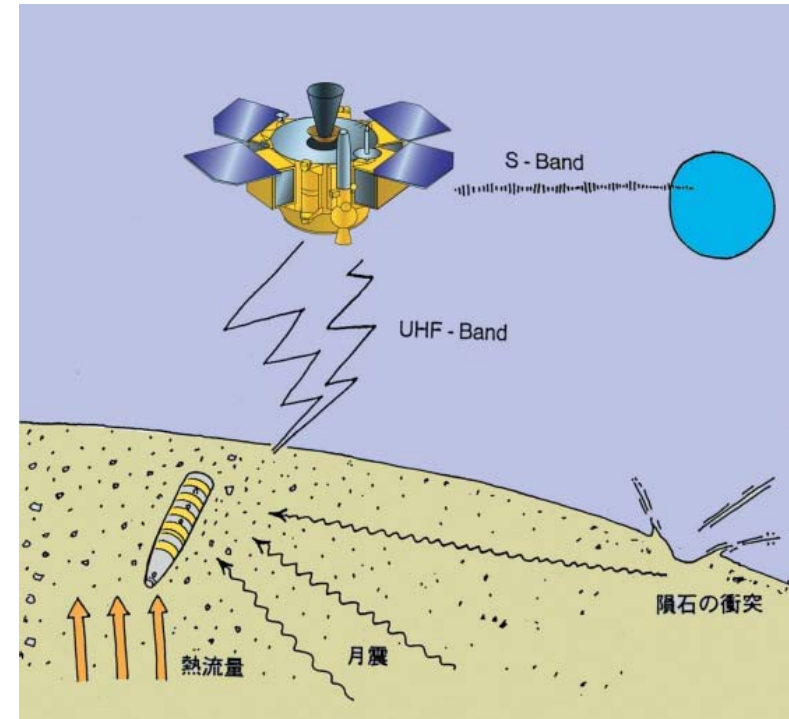
- 熱流量計測により、月内部温度と、放射性発熱元素の存在度についての情報を得る。
(主要放射性発熱元素であるU、Thは難揮発性元素の代表であり、存在度を明らかにすることは月形成時の材料物質を推定する上で重要。)

月撮像カメラ

- 母船の軌道傾斜角の制約から撮像できる領域は緯度±20度の範囲であるが、地形の起伏がはっきりと写る低い太陽高度のもとでの撮像などを活かして、月地質学に貢献する。

ペネトレータの特徴

- ペネトレータは月表層物質内に設置され、レゴリス層との物理的接触が良く、熱観測・月震観測に適している。
- 断熱的な月レゴリス層のためにペネトレータの熱制御は比較的容易。
- ペネトレータは内部電池のみによる電源供給となる。
- ペネトレータのデータ伝送は上部のレゴリス層を介し、上空に来た母船経由(遭遇は約2週間毎)となる。
- ペネトレータの貫入衝撃は、6,000Gから10,000Gに及ぶ。



(参考3) LUNAR-Aのこれまでの成果と波及効果

