

平成13年7月17日  
SELENE-B シンポジウム

# 月軟着陸実験 (SELENE-B) 検討グループの検討結果 - 概要 -

SELENE-B 検討グループ  
宇宙開発事業団 泉 達司

月軟着陸実験はSELENE計画の一環として実施する計画であった。

平成12年宇宙開発委員会の審議において、月軟着陸実験はリスクが高いとしてSELENE計画から分離され、ISAS、NAL、NASDAが連携し、今後3年程度十分な研究を行って、技術開発の目途を得ることになった。

今後の月探査において重要な意味を持つ着陸探査を進めるにあたって、軟着陸技術は不可欠な基盤技術の一つで、可能な限り早い時期に月面での軟着陸実験を実施して、本技術を習得することが肝要である。

平成12年度末頃からISAS、NAL、NASDAを中心とした検討チームにおいて研究を開始した。

定期的に検討会を開催するとともに、「航法誘導制御・画像センサー分科会」、「着陸船機構・メカ分科会」、「ローバー・サイエンス分科会」を設け、ミッション検討、システム検討、重要要素技術の検討（着陸航法誘導制御技術、着陸センサ、障害物検知・回避技術、着陸衝撃吸収技術（軽量構体技術））を実施。

- |                                |               |
|--------------------------------|---------------|
| 米国                             | 旧ソ連           |
| サーベイヤー                         | ルナ            |
| ・ 無人                           | ・ 無人          |
| ・ 地上管制 + 着陸センサ                 | ・ 障害物の少ない海に着陸 |
| ・ 着陸地点の障害物は無視                  |               |
| 7号を除き障害物の少ない海に着陸               |               |
| 7号は高地に着陸しているが周辺状況から幸運だったと考えられる |               |
| ・ 数 km ~ の着陸精度                 |               |
| アポロ                            |               |
| ・ 有人                           |               |
| ・ 目視による障害物回避                   |               |

# I

障害物検知・回避機能による無人で確実な月軟着陸  
高精度航法誘導による目標地点から 100m オーダーの高精度着陸

## H IIAロケット半分程度による打上げ

質量：打上げ時 1.5 トン程度以下、

乾燥質量 400 kg 程度、内ペイロード質量 50 kg 程度

寸法：H IIAロケットフェアリングの半分程度（4 m × 4 m 程度）

## 着地条件

ソフトランディング：接地速度 3 m / s 程度以下

接地加速度 10 G 程度以下

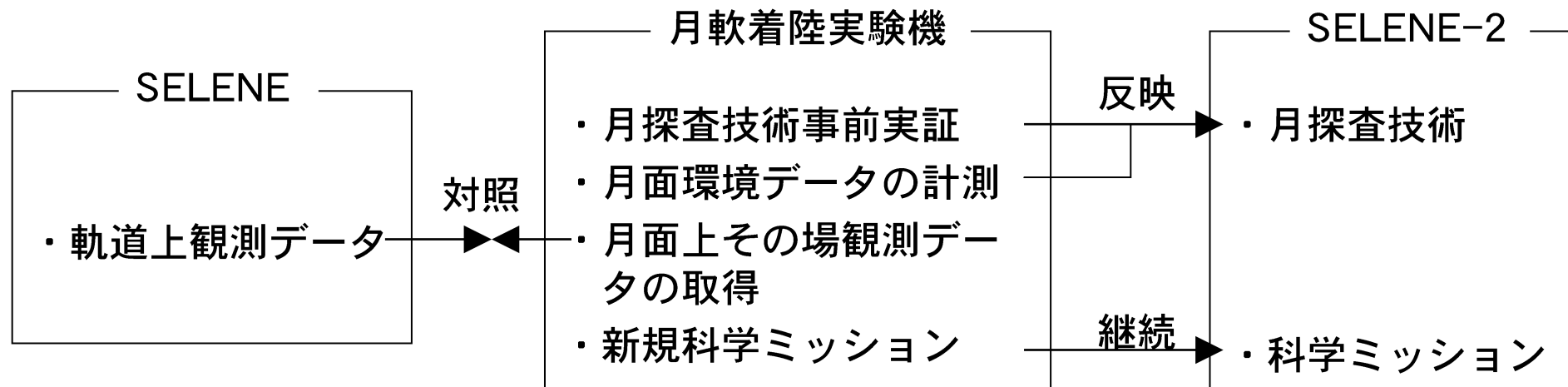
## ミッション

着陸技術実証のみならず、それ以降の月探査に必要となる技術実証あるいはデータ取得、及び科学探査の実施

## ミッション期間

月の昼間 2 週間程度

越夜には非常に多くのリソースが必要となるため考えない



## 安全、確実な月面軟着陸技術の実証

### 小型ローバによる月面地質探査（月の起源、進化の解明）

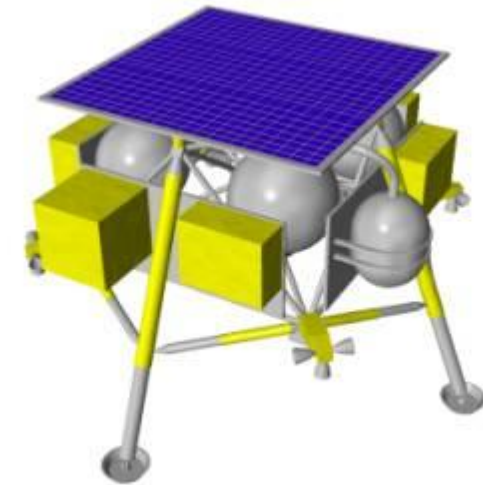
- ・クレータ内中央丘周辺岩石の調査による月内部構造探査 または
- ・ドーム・コーン周辺岩石の調査による月火山活動の探査

### その他

- ・機体温度、歪みなど将来の精密構造物構築のための月面環境計測
- ・ローバによる月探査技術の実証

## 構体 / 着陸脚システム

- ・ 構体については構造、耐転倒性、回避不能障害物耐性等の観点から各種コンセプトのアイデア出しを行った。以下の検討は「トラス構造着陸船」に基づく。
- ・ 【着陸脚と衝撃吸収機構】 16 : 25 ~ 予定



トラス構造着陸船

## 熱制御系

- ・ 構成  
熱制御装置 (電子機器)、ヒータ、MLI、サーマルルーバ
- ・ 具体的には機体システムの設計が進んだ段階で熱解析を実施

## 誘導制御系

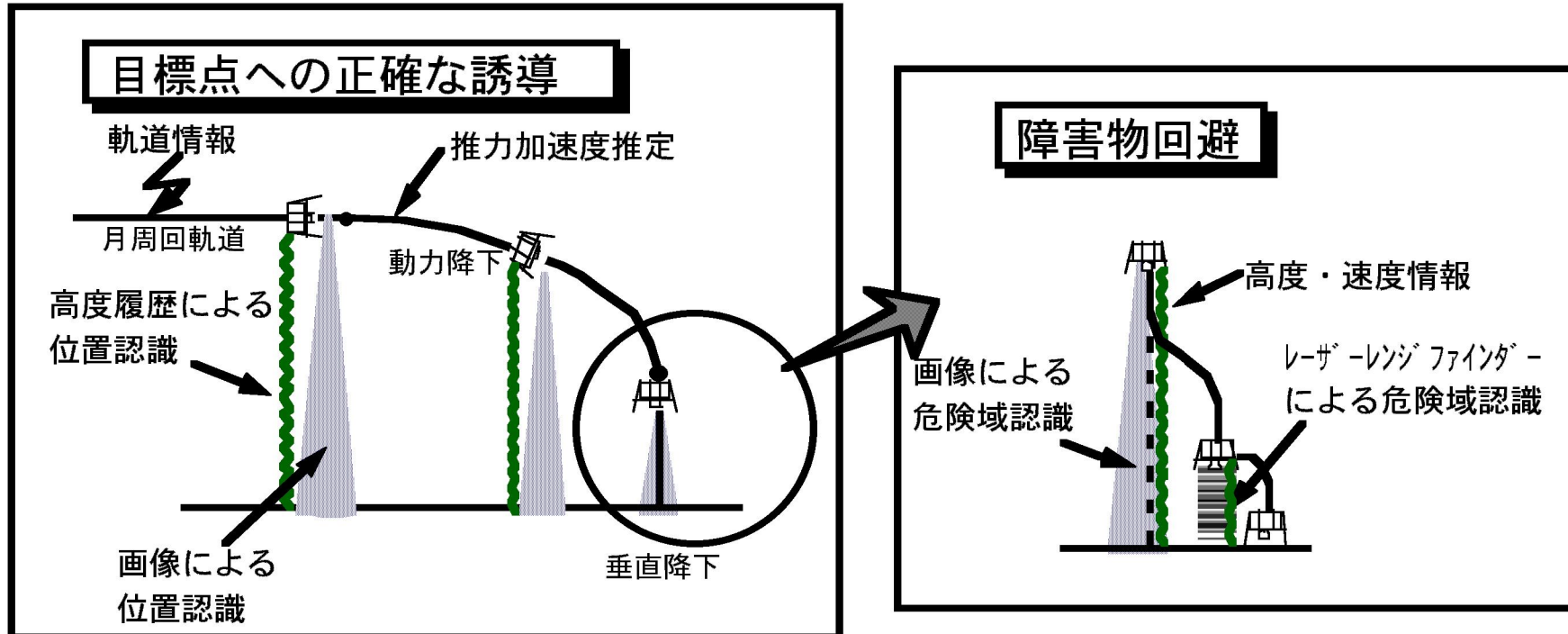
### ・ 機器構成

誘導制御装置、慣性センサユニット、恒星センサ（軌道上姿勢アライメント用）、太陽センサ（粗姿勢捕捉用）、レーザ高度計、スキャン型レーザレンジファインダー、画像センサ（航法、障害物検知）

### ・ 搭載ソフトウェア

システム、航法、誘導、姿勢制御、障害物検知・回避

### ・ 【着陸航法誘導制御系】 14 : 35 ~ 予定





## 電力・電装系

- ・構成

電力制御装置（充放電制御・電力分配）

太陽電池パネル（機体固定リジッドパネル、1000w）、シャント・デシペータ

2次電池（リチウムイオン電池、30AH）

1次電池（熱電池、着陸時補助用）

## 通信系

- ・構成

オムニアンテナ

ミドルゲインアンテナ（機体固定、10dB程度）

USBトランスポンダ（テレメータ送信機、10w）、コマンド受信機）

ダイプレクサ、スイッチ等

- ・通信データレート（地上局として臼田局想定）

1.6 kbps（オムニアンテナ）、16 kbps（ミドルゲインアンテナ）



## データ処理系

- ・ 構成

データ処理装置 (シグナルコンディショナ含む)

データレコーダ

リモートターミナル

## 推進系

- ・ 構成

メインエンジン (2液式 1700N×1、ISP 316秒)

姿勢制御用ガスジェット (2液 40N×8、ISP 208秒 : パルス)

推進薬タンク (燃料、酸化剤)

高圧ヘリウムガスタンク

## 観測系

### 着陸機内

- ・ 周囲観測カメラ
- ・ その他（機体歪み計、温度計等）

### ローバー・サイエンス

- ・ 試料捕獲用マニピレータ、試料ケース
- ・ 岩石表面レゴリス除去装置
- ・ 分光カメラ（望遠、マクロ）、X線分光計、線分光計
- ・ 【ミッション候補】 10:00 ~ 予定



## 冗長構成

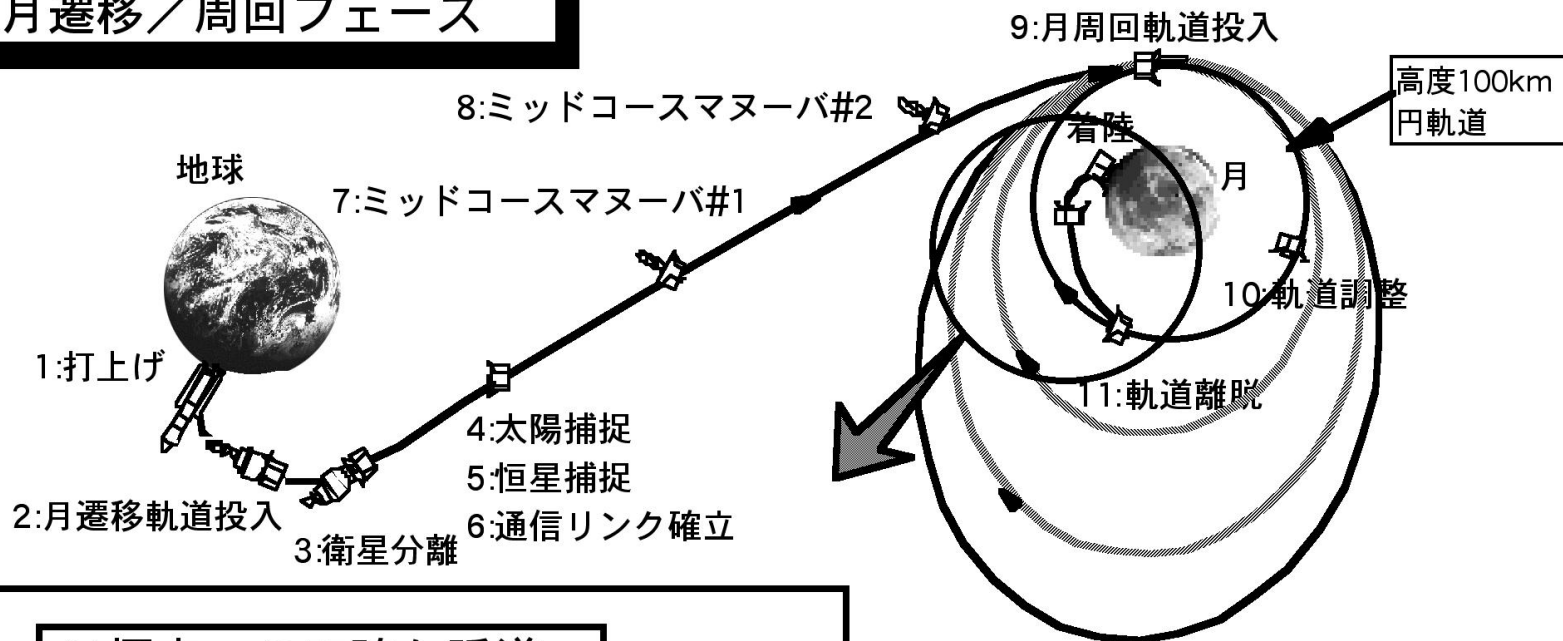
- ・ 月周回軌道投入までに使用する機器：1 Fail Operational  
（慣性センサユニット、通信機器等）
- ・ 月軌道周回以降のみ使用する機器：1重  
（画像センサ、データレコーダ等）
- ・ 冗長構成が不可能、あるいはリソースとの関係で非常に困難なもの：1重とする。  
（構体、軌道変換エンジン、搭載ソフトウェア、配管等）
- ・ なお、これらについては信頼性解析を実施した上で決定する。

## リソース

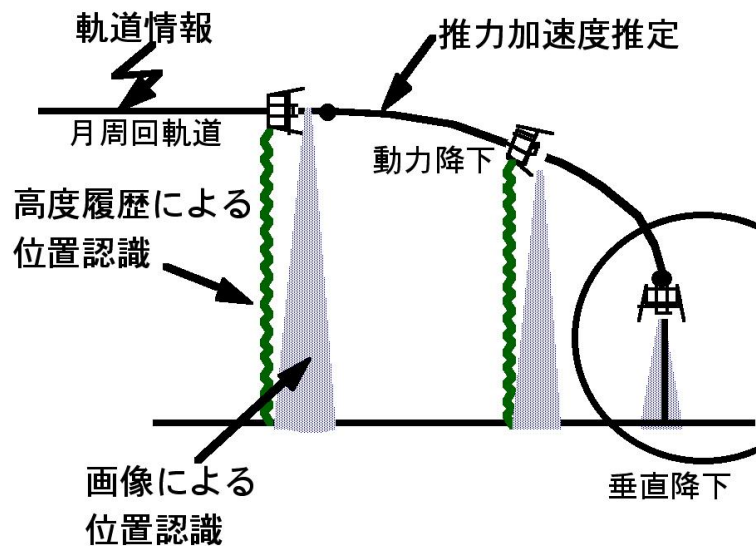
- 簡易質量解析を実施  
要求に対し大幅に超過  
 打上げ 1.5トン **1.86トン**  
 ドライ 400kg **520kg**
- 今後、要求を見直すとともに大幅な軽量化が必要

	質量 (kg)	内訳 (kg)
実験機 (打上げ時)	1,860	
実験機 (ドライ)	520	
バス、着陸機実証ミッション	464	
構体系		79
熱制御系		33
誘導制御系		46
電力・電装系		117
通信系		15
データ処理系		44
推進系		128
観測系		3
サイエンス・ミッション	56	
周囲観測カメラ		6
ローバ・サイエンス		50
推進薬重量	1,340	
月遷移軌道～月周回軌道投入		490
月周回軌道離脱～着陸		800
残推薬など		50

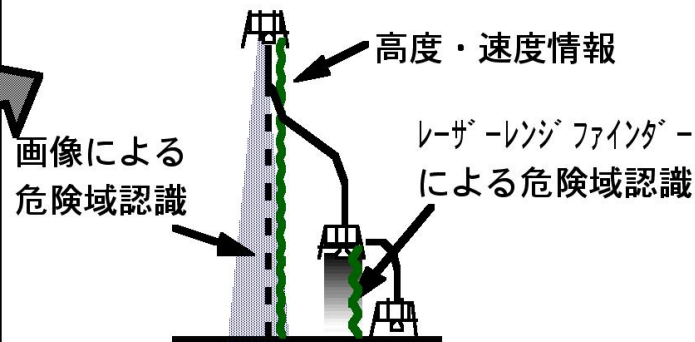
### 月遷移／周回フェーズ



### 目標点への正確な誘導



### 障害物回避



### 高精度航法誘導制御：

月面上での位置・速度計測、誘導、軌道・姿勢制御を行う。

【目標】障害物回避を行わない場合に目標地点から概ね100m以内に接地する。

### 着陸センサ： 電波式、レーザー式、画像式

軟着陸に必要な高度・速度を検知するセンサ。

【目標】概ね1m、0.1m/s程度の精度を有する。

### 障害物検知・回避技術： 画像（ステレオ、単眼）、スキャン型LRF

着陸に支障となる障害物を検知し回避する技術。

【目標】概ね50cm～1m以上の障害物を検知し、必要に応じて回避する。

### 耐転倒性/転倒許容性機体システム：

回避できない障害物によって転倒しない、あるいは、転倒してもミッションを達成できる機体システム。

## プログラム概要

### 【ミッション】

10:00 ~ 11:35 ミッション候補I (地質科学観測)

11:35 ~ 12:35 ミッション候補II (その他のミッション候補)

13:30 ~ 14:35 ミッション候補III (観測支援技術)

### 【着陸航法誘導制御 / 障害物検知回避】

14:35 ~ 15:20 着陸航法誘導制御系I (システム / アルゴリズム)

15:40 ~ 16:25 着陸航法誘導制御系II (センサ)

### 【着陸機構・メカ】

16:25 ~ 17:15 着陸脚と衝撃吸収機構

### 【まとめ】

17:15 ~ 18:00 自由討論

18:00 ~ 18:15 今後の研究の進め方