

月極域探査ミッションの検討状況について

2019年11月25日

宇宙航空研究開発機構

国際宇宙探査センター

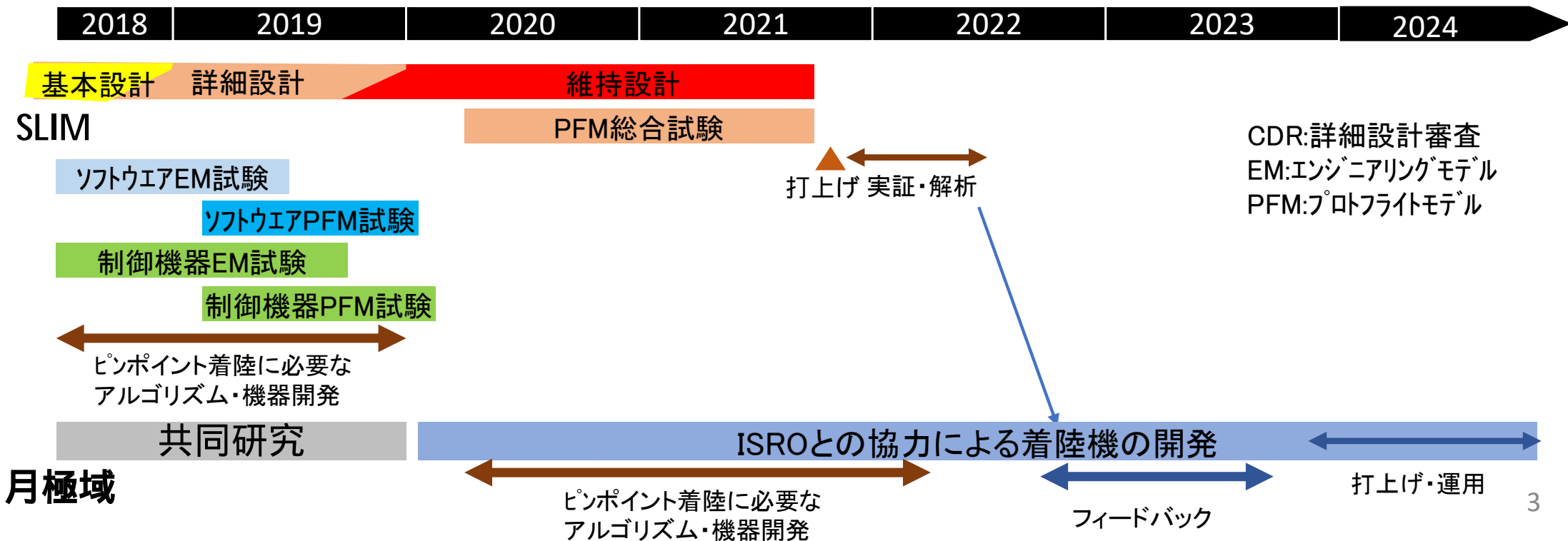
経緯

- 10月25日(金)に開催された第33回宇宙科学・探査小委員会において、JAXAから「宇宙科学・探査および国際宇宙探査に関する取組状況と今後の進め方について」の中で月極域探査ミッションの状況について、ご報告した。
- その報告の際、委員から以下の2点のご意見をいただいた。
 - SLIMの実証結果を月極域探査の着陸機に生かすという前提での、SLIMと月極域探査の開発スケジュールの考え方を示すこと。
 - チャンドラヤーン2号の事故原因とインド協力への影響の分析を示すこと。
- また、以前に行われた第48回、第49回宇宙産業・科学技術基盤部会において、以下の2点のご意見をいただいている。
 - 月表面を拠点するのは重力ポテンシャル上不適切であるが、月周回の拠点を経由とすることでも不利でないことを示すこと。
 - 月表面における放射線環境に対する有人の安全性に関する評価を示すこと。
- 今回、以上の4点について、JAXAの検討状況をご報告する。

①SLIMと月極域探査の開発スケジュールの考え方

(SLIMの実証結果をインド等との協力による月極域探査の着陸機に生かすという前提)

- ・ SLIMのソフトウェア単体の検証、個々の機器の開発は2019年度中に終わり、CDRが開催される予定で、画像航法のアルゴリズム、機器はここまでで確認される。
- ・ その後は、フライト用SLIM機体の製造を行い、機体とソフトウェアを統合した検証になり、月極域探査に係る開発には直接は関係ない。
- ・ 2020年度以降に月極域探査の着陸機の開発に協力する場合、JAXAの画像航法技術についてはすでに確立しており、適用が可能。
- ・ 2021年度のSLIM着陸において問題が判明した場合、月極域探査は詳細設計中の段階であり、反映が可能。



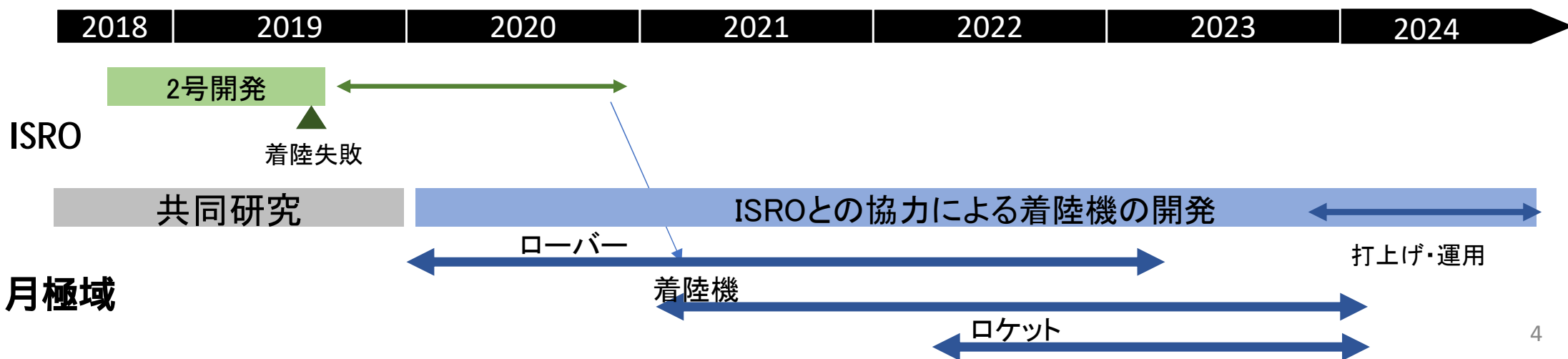
②チャンドラヤーン2号の事故原因とインド協力への影響の分析

事故原因とISROの対応状況

- 高度 2.1km までは正常、また、高度 300m 程度まで断続的にテレメトリが届いていた。
- 最初の減速フェーズは正常であったが、2回目の減速フェーズで予定よりも減速が大きく、最終的な精密減速フェーズ開始時の条件が当初想定した範囲に入らず、正常に着陸できなかった。到達点は、予定着陸地点から500m以内である(宇宙局所掌の大臣の発言)。
- 来年に、再着陸ミッションを計画中と報道在り。

事故原因分析と開発スケジュールへの影響

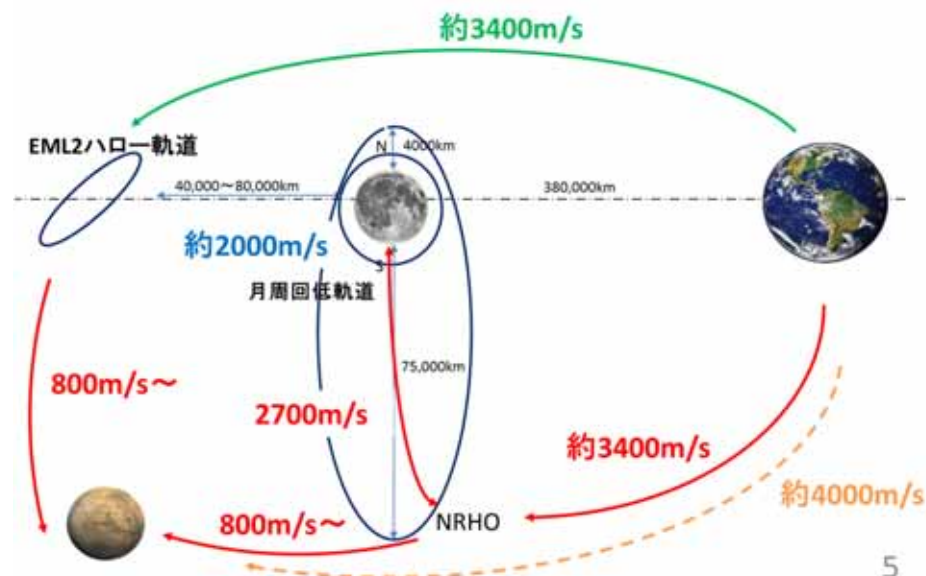
- 最後に不具合はあったものの、ISRO は重力天体探査に必要な高いレベルの技術力を有していると考えている。ISRO は JAXA と早急に月着陸探査を目指すことを要望しており、ミッションを確実に進めるためにも来年度から本格的に開発を進める。
- 再度の月着陸に向けた技術妥当性確認を通して、技術的な知見の共有(L&L)を受けることが可能となるとともに、ISROへの協力を通して、日本の存在感、信頼感が高まることが期待できる。



月周回拠点を経由とすることが不利でないこと

- 水資源の利用は、水資源の存在量がまだ不明であることから、存在量により以下の4段階の対応を検討している。
 - ①水資源の利用技術の実証
掘削、運搬、抽出、電解、液化、保存、充填の技術の実証
 - ②月面での利用実証
有人と圧ローバ等、月面活動に利用できる水素・酸素を使う。
 - ③Gatewayとの往復機の推進薬としての利用
有人月面往復機を、月面の水素、酸素を使って再使用する。
 - ④Gatewayでの推進薬利用(深宇宙探査に向けて)
Gatewayと月面の往復以上に、水素、酸素が利用可能であれば、Gatewayに推進薬の保管し、深宇宙への拠点とする。
- 火星等の深宇宙の拠点へ進出するにあたって、必要な増速量を評価すると、深宇宙への探査機を月面を出発点とすることは、追加で大きな増速量(片道で2000m/s以上)が必要であり、効率的ではないことは明らかである。
- GatewayのNRHOの軌道やEML2ハロー軌道は、月面の重力をほぼ受けない軌道であり、ランデブ・ドッキングするのに必要な増速量程度は必要となるが、大きく無駄になることはなく、大きく不利にはならない。
- 地球とGateway間での輸送や月面資源の利用が活発化することで、効率性が上がることが期待される。

月周回拠点の軌道回りの概略増速量



④月面の放射線環境の評価

月面の被ばくは、主に銀河宇宙線(GCR: Galactic cosmic rays)、太陽高エネルギー粒子(SEP: Solar Energetic Particles)と突発的に起きる大きなフレア(SPE: solar proton event)によるもの。JAXAは、月面の与圧ローバや与圧居住棟にいる宇宙飛行士の被ばく量について、放射線挙動を評価できるPHITSモンテカルロシミュレーションコードによる評価計算を進めている。

GCRとSEP(過去に観測された図1のSEPのスペクトルから評価)の線量評価例は以下の通り。

■ISS「きぼう」の平均遮蔽厚を持つ、月面上の仮想球体宇宙船内の実効線量の評価例

— 一定常的なGCRやSEPによる線量(太陽活動極小期): 実効線量0.62 (mSv/day)

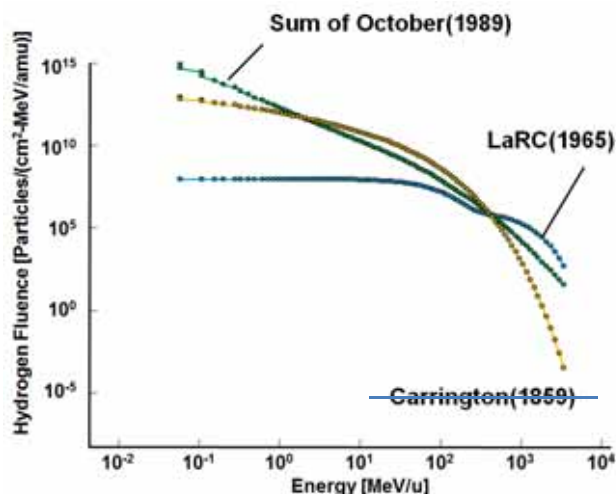
— 太陽フレア(SPE): 最大の線量寄与であるSPEスペクトルからの実効線量133(mSv/event)

■月面6か月程度の滞在期間の最悪値の被ばく線量を仮評価(太陽活動極小期には実際には起こりえないが Worst Case のSPEに1回遭遇したと仮定)

$$(GCR分)0.62 \times 180(6か月) + (SPE1回分)133 \leq \text{約}250(mSv)$$

となり、暫定的にISSの生涯実効線量制限値と比べると、どの年代・性別においても十分に低い。

なお、Gateway計画に関する遮蔽設計要求(線量制限)はIP間で協議中である。



過去に起きたSPE(Worst Case)のエネルギースペクトラム(ICRP123より)

【参考】 JAXA ISS搭乗宇宙飛行士 生涯実効線量制限値 2013年改訂

初めて宇宙飛行を行った年齢	男性 (mSv)	女性 (mSv)
27 - 30歳	600	500
31 - 35歳	700	600
36 - 40歳	800	650
41 - 45歳	900	750
46歳以上	1000	800