

# Overview of Scientific Researches Proposed to Japan's Mars EDL Mission.

(火星着陸探査技術実証における理学観測提案の概観)

Takehiko Satoh<sup>1</sup>, Kazuhisa Fujita<sup>1</sup>, and MELOS WG

<sup>1</sup>Japan Aerospace Exploration Agency

3-1-1 Yoshinodai, Sagami-hara-shi, Chuo-ku, Kanagawa-ken, 252-5210 Japan

## ABSTRACT

Japan's Mars EDL (Entry-Decent-Landing) mission (MELOS) is to be proposed, as an engineering mission, to upcoming AO (Announcement of Opportunity) for the next "strategic medium-class" mission. Although it is said to be an *engineering* mission, a mission would never be justified or approved for 300M JPY of cost if fruitful scientific outcome could not be expected. Being aware of this, science members in MELOS WG worked hard to propose best scientific themes plus corresponding instruments that would maximize the value of the Mars EDL mission.

The first major theme is to search signatures of lives on Mars. The experiment in this proposal is based on fluorescent microscopy of Martian soil at various places. By scanning 2 mm<sup>3</sup> volume of "dyed" Martian soil with 1 μm per pixel resolution, the team claims to achieve 10<sup>4</sup> cells per gram soil sensitivity, which is good enough to detect lives in least-populated regions on the earth, such as Atacama Desert. The second major theme is to study chronology of ancient volcanic rocks. The essence of this is to measure from a "cored" rock sample <sup>40</sup>K with LIBS, Ar isotopes with TOFMS, and to produce an isochrone plot to determine when the rock was formed. The team expects 10 % accuracy in determination of Hesperia-Amazonis transition. The third major theme is to study internal structure (deep interior and/or near-surface layers) of Mars. A ultra

wide-band seismometer is proposed to measure oscillations excited by the atmosphere. Interferometric measurement of "Length of the Day" is another way of improving our knowledge about the location and condition of the core-mantle boundary. The forth major theme is meteorology in the lower atmosphere of Mars. In the interface region between the atmosphere and the surface, small scale turbulences (time scale is also short) are essential to understand the energy exchange and transport. This kind of study cannot be done by remote-sensing from orbiters but can only be done by well-equipped meteorology stations on Martian surface.

Aside these four major themes, several individual science instruments are proposed. They include the ground-penetrating radar, the electro-magnetic waves and acoustic waves package, LIDAR for study of Martian dust, the geology cameras shared with rover's navigation cameras. These are in detail described in individual reports.

The WG will select one from four major scientific themes and then compose a suit of scientific payload so that the EDL mission, when proposed to the upcoming AO, would be well balanced between science and engineering.

# 火星着陸理学観測提案へのイントロ

- 背景

- MELOS WG(主所属JSPEC、ISAS宇宙理学委とまたがるWG)では「ローバによる火星生命を中心とした探査(MELOS1)」案を構成し、日本惑星科学会「来たる10年」の三つのフラグシップMCに選定されるまでに至った。
- JSPECでWGが廃止されるのに合わせ、ISAS宇宙工学委で火星着陸探査技術実証WGが発足(2014年4月)。このとき単なるMELOSの継続ではなく、工学・理学が一体となり改めてベターなミッション案はあり得ないか、期限を定めてシステマティックに検討することとした。

- 工学側は四つのミッション・スコープ(A~D)を策定。

- 理学側は(おおむね)11の理学観測提案を行っている。

- おおむねというのは、ある提案のスコープB向けとスコープD向けのように多少のヴァリエーションがあることによる。

- これら理学提案について、月惑星シンポジウムの場合を「公聴会」のように位置づけ、より多くの人に見て聞いて意見してもらうことで、提案をよいものにしたい。そして選定審査(外部有識者を含む)プロセスの出発点とする。

- 各提案チームが同じことを繰り返し述べる重複を避ける意味もあり、理学とりまとめの佐藤がミッション・スコープの紹介および理学提案の概観、それらが審査においてクリアにすべき課題などを提示する。

# 理学提案一覧：今日の講演順

番号	略称	正式名称	測器	PI
P1	生命探査	生命探査顕微鏡による生命探査	生命探査顕微鏡	山岸明彦
P2	地下構造探査	地中レーダーによる地下構造探査	地中レーダー	宮本英昭
P3	電磁波・音波計測	電磁波・音波計測器による火星大気中における放電現象の観測	電磁波・音波計測器	山本真行
P4	気象観測	気象観測システム, 粒子センサ, 環境監視カメラによる気象観測	気象観測システム	乙部直人
			粒子センサー	千秋博紀
			環境監視カメラ	鈴木睦
P5	ダスト観測	LIDAR によるダスト観測	短距離 LIDAR	千秋博紀
P6	ダストデビル観測	ナビゲーションカメラによるダストデビル観測	ナビゲーションカメラ(バス系)	小郷原一智
P7	地質探査	ナビゲーションカメラの高機能化による地質探査	地質カメラ(ナビゲーションカメラの高機能化)	佐藤毅彦
P8	回轉變動計測	宇宙測地学的手法を用いた火星回轉變動計測	通信システム(バス通信系の高機能化)	岩田隆浩
P9	地震探査	地震波を用いた火星内部構造探査	地震探査システム	新谷昌人
P10	年代測定	LIBS-TOFMS 装置による火星表面年代のその場計測	LIBS-TOFMS 装置	亀田真吾
P11	ガス計測	波長変調分光器によるメタン・水蒸気計測	ガス検出器	戸野倉賢一

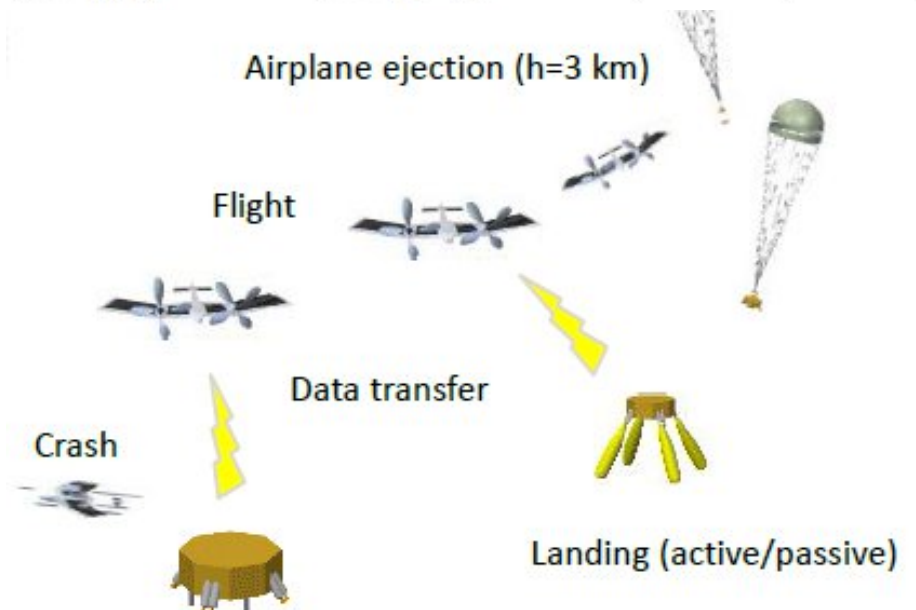
# ミッション・スコープ<sup>°</sup>A: 飛行機と着陸機

- 火星飛行機WGにより検討・開発が進められてきた飛行機を火星大気中に飛ばす。そこからの情報を受信するために1台の着陸機を下ろし、合わせて搭載理学機器による定点(1点)観測を行う。

略称	測器	有効性	必然性
生命探査	生命探査顕微鏡		
地下構造探査	地中レーダー		
電磁波・音波計測	電磁波・音波計測器	4	5
気象観測	気象観測システム	5	5
	粒子センサー	5	5
	環境監視カメラ	4	4
ダスト観測	短距離LIDAR	4	4

略称	測器	有効性	必然性
ダストデビル観測	ナビカメラ	4	5
地質探査	高機能ナビカメラ	3	5
回轉變動計測	通信システム	4	5
地震探査	地震探査システム	4	4
年代測定	LIBS-TOFMS装置	2	4
ガス計測	ガス検出器	4	4

高空を飛行しながらの気象観測は有効性が高いとされている。磁場観測(理学チームからの提案はないものの)も有効と考えられている。飛行機搭載のカメラによる広域撮像も有用であると考えられている。





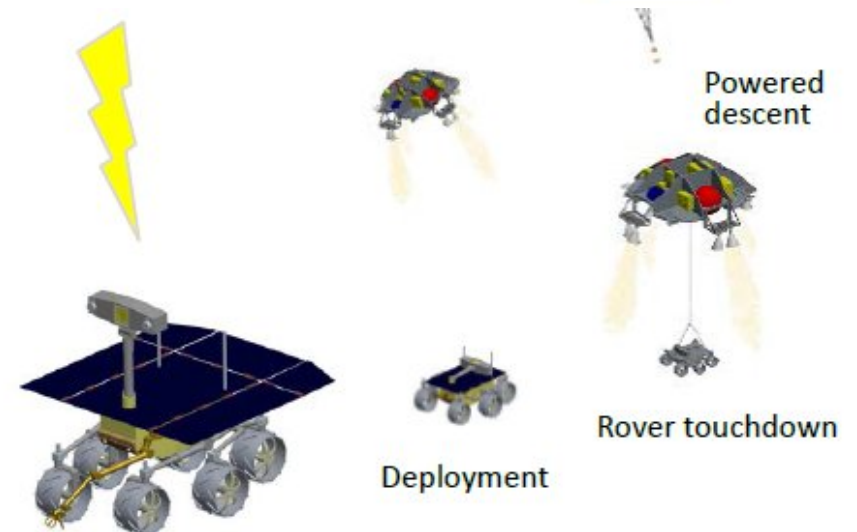
# ミッション・スコープB：理学重視ローバ

- 着陸し移動する、王道ともいえるローバに適切な量の理学ペイロードを搭載し、その機能を活かした理学観測を実施する。

略称	測器	有効性	必然性
生命探査	生命探査顕微鏡	5	5
地下構造探査	地中レーダー	5	4
電磁波・音波計測	電磁波・音波計測器	4	5
気象観測	気象観測システム	4	5
	粒子センサー	4	4
	環境監視カメラ	4	4
ダスト観測	短距離LIDAR	5	5

略称	測器	有効性	必然性
ダストデビル観測	ナビカメラ	3	5
地質探査	高機能ナビカメラ	5	5
回転変動計測	通信システム	3	5
地震探査	地震探査システム	3	3
年代測定	LIBS-TOFMS装置	5	1 or 5
ガス計測	ガス検出器	5	5

MELOS1の流れを汲み、生命探査とそれに関連した測器との相性が最も良い(有効性・必然性ともに高い)と考えられている。



# ミッション・スコープ<sup>°</sup>C: 高走破ロボット

- ローバという形態に捉われず、何らかのロボットで「未踏の走破距離」を達成する工学ミッション(高走破のために理学ペイロードは最小限)。しかし検討の過程で、王道であるローバの走破性を高めることが結局のところベストという共有認識になりつつある。

略称	測器	有効性	必然性
生命探査	生命探査顕微鏡	5	4
地下構造探査	地中レーダー	5	3
電磁波・音波計測	電磁波・音波計測器	4	5
気象観測	気象観測システム	4	5
	粒子センサー	4	4
	環境監視カメラ	4	4
ダスト観測	短距離LIDAR	5	4

略称	測器	有効性	必然性
ダストデビル観測	ナビカメラ	2	5
地質探査	高機能ナビカメラ	5	5
回轉變動計測	通信システム	3	5
地震探査	地震探査システム	2	2
年代測定	LIBS-TOFMS装置	5	1 or 5
ガス計測	ガス検出器	3	3

やはり生命探査とそれに関連した測器との相性が良い(有効性は高い)と考えられているが、高走破のために理学ペイロードの著しい減量があるならば、必然性は低くなると考えられている。



# ミッション・スコープ<sup>D</sup>: マルチ・ランダー

- 2機のランダーを1000 km程度の間隔で着陸させ、ネットワーク・サイエンスを行う。両方を同仕様にするとう理学ペイロードは限定されるが、片方は空力誘導をしないことで制御系を減量し理学「主」ランダーとする可能性を検討している。

略称	測器	有効性	必然性
生命探査	生命探査顕微鏡		
地下構造探査	地中レーダー		
電磁波・音波計測	電磁波・音波計測器	5	5
気象観測	気象観測システム	3	5
	粒子センサー	4	4
	環境監視カメラ	4	4
ダスト観測	短距離LIDAR	4	4

略称	測器	有効性	必然性
ダストデビル観測	ナビカメラ	4	5
地質探査	高機能ナビカメラ	3	5
回転変動計測	通信システム	5	5
地震探査	地震探査システム	5	5
年代測定	LIBS-TOFMS装置	2	3
ガス計測	ガス検出器	4	4

多地点からの同時観測が最も有効に働くミッション・スコープである。二つのランダーに各々どのようなペイロードを搭載するかを十分に検討しなければならない。

探査機の総重量制約 (960 kg) から大型ランダ2機の構成は困難。大小ランダの構成とし、

- 小ランダ搭載の観測機器重量は 2 kg 以下
- 大ランダ搭載の観測機器重量は 43 kg 以下とする





# 各提案チームに依頼していること

- 「測定から何が分かるか」の明確化
  - 「ある量を測ることは、〇〇を知るために大変有益である」といった曖昧な表現ではなく、「ある量を△△の精度で測ると、□□にもとづき〇〇を▽▽の精度で知ることができる＝科学課題を解明できる」のように具体的かつ定量的に述べて下さい、と依頼しています。
    - それに伴い、その量を△△の精度で測れることのフィジビリティを示すことも求められます。
  - その測定だけでは〇〇を解明できないけれど、他の測器による(同様に具体的な)測定と組み合わせれば科学課題を解明できると考えられる場合、それを述べるように依頼しています。
    - 単に(たとえば)「水」をキーワードに相互関連がありますというレベルの「具体的戦略のない」ものはシナジーと呼ばないようにとも、お願いしています。
  - 既存のミッションや今後予想されるミッションと同様の測定を提案している場合、その正当性として「着陸地点が違うから」「火星の季節が違うから」だけを理由としないよう、お願いしています。
    - たとえば、「火星に生命が『いない』と結論するために、どれだけの生命探査ミッションを実施しなければならないのでしょうか？」など。