

特集：MELOS火星複合探査の科学検討

MELOS複合探査の概要と科学目標

「火星はなぜ赤いのか？」

佐藤 毅彦¹, 久保田 孝¹, 宮本 英昭², 岡田 達明¹, 松岡 彩子¹,
今村 剛¹, 尾川 順子¹, 川口 淳一郎¹, MELOSワーキンググループ

2009年4月21日受領, 2009年5月12日受理.

(要旨) 火星複合探査WG は数多くの議論を通じて, MELOS 計画の根幹である科学目標とそれに答えるための科学要求をまとめてきた. 火星はなぜ赤いのか? この単純でしかし奥深い問題に答えるには, 大気圏・表層・固体圏を一つの惑星システムとして捉える複合探査が必要である. MELOSは, まさにそれを目指そうとしている.

1. はじめに

WG 活動を開始した火星複合探査計画[1] に我々は, Mars Exploration with Lander-Orbiter Synergy を略したMELOS (ミーロスと発音) という名前をつけた. 同名の島, Melos 島は「ミロのヴィーナス」発見の地である. このことからMELOS は金星探査に相応しい名前のようにもあるが, 神話中でVenus とMars は恋人同士とのことなので, 火星へ熱い思いを寄せるミッションにも合う名前と考えた.

WGではミッションの根幹である科学目標について, 周回機+着陸機の組み合わせで初めて可能な, まさに複合探査ならではのそれを設定する議論を続けてきた. 現時点で, 「火星はなぜ赤いのか?」をキャッチフレーズに掲げようとしている. 当たり前だと思われるながら解明されていない, 単純だが奥の深い根源的問題に, 複合探査のメリットを最大限に発揮して取り組むべき, と考えている.

火星が「赤い」のは, それはヘマタイト(赤鉄鉱 Fe_2O_3) が豊富にあるからでしょうと, 少し事情を知っている人ならば答えるはずである. しかしそれではなぜヘマタイトがあるのか, これに答えることは簡単ではない. 固体惑星としての火星自身(内部と表層), それを包む大気, その外の環境(太陽放射, 太陽風)ま

で, これらがどのように影響を及ぼし合いながら現在の姿になったのか, 複雑に絡み合ったシステムについて多くを知らなければ, 答えに辿り着くことはできない. 火星進化史の理解を深めるため, 四つのカテゴリーにおいてどのような観測が必要とされるかを以下に整理した.

2. 「火星はなぜ赤いのか?」に迫る四つのカテゴリー

2.1 大気散逸の科学

現在では地表で6hPaの気圧しかない火星の希薄な大気, これには散逸による大気の喪失が深く関与していると考えられる. その一方で, これまでの火星探査ミッションは低高度の極軌道から部分的な観測を行ったのみで, 大気散逸プロセスの全貌にはまったく迫っていない. そのような状況をいっきに推し進めるために, 次の四つの要求を設定した.

- | |
|---------------------------------|
| 要求1 : 大気散逸の全体像と詳細特性を同時に捉えたい |
| 要求2 : 太陽風と太陽放射(外因) に対する応答を理解したい |
| 要求3 : 散逸する大気の組成を分離定量したい |
| 要求4 : 現在大気の希ガス同位体比と微量気体成分を知りたい |

1. 宇宙航空研究開発機構
2. 東京大学
sato@stp.isas.jaxa.jp

はじめの三つで大気散逸の素過程を、要求4で過去の散逸の痕跡(同位体比の変化に現れる)を知ろうとするものである[2].

2.2 気象学

火星気象は大規模なダストストームに象徴されるように、その全球にわたる物質輸送を担っている。特に水の輸送は重要である。水がどこからどこへ移動してゆくのか、その表層環境への影響、CO₂大気の実安定性への関与、これらを解く鍵が気象学である。これも大気散逸と同様、低高度であったり、ローカルタイムに固定された衛星からの観測ではまったくと言ってよいほど調べられていない分野である。そこで、我々は次の三つの要求を設定した。

- 要求5： 全球の気象(水など物質輸送)を、さまざまな経度・ローカルタイムで連続的に捉えたい
 要求6： 大気組成、同位体比(特にHDO/H₂O比)、気温の三次元分布を捉えたい
 要求7： 地表付近の気象や、ダスト嵐に伴い発生の予想される大気電気活動を捉えたい

はじめの要求5は、金星探査PLANET-Cと同様のコンセプト、次の要求6は大気進化に対する気象の影響、要求7は新たな分野を切り拓くことを目指すものである[3].

2.3 表層の科学

これまでの探査は火星表面が興味深い地質的特徴に富むことを示してきたものの、固体圏と大気圏の「境界面」として表層を捉え理解しようと指向するものではなかった。MELOSの表層科学は、この境界面を通してどのような物質交換がなされてきたのかを調べることを第一の目標とする。そのために、次の三つの要求を設定した。

- 要求8： 火星表層物質の元素組成、鉱物組成を知りたい
 要求9： クレーター年代学への「絶対目盛」を得たい
 要求10： 地下浅部までの地質学的構造を知りたい

なお、2.1で述べた要求4(希ガス同位体計測)、2.2で述べた要求7(地表付近の気象)も、表層科学のために共通して要求される項目である[4].

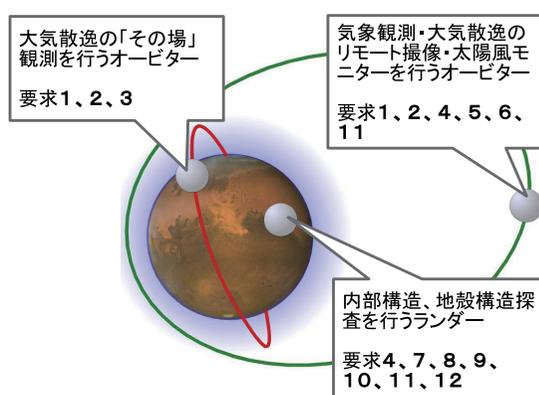


図1：周回機と着陸機による12の科学要求の分担



図2：MELOS会議で講演をするDr. Chicarro(ESAのMars NEXT ミッション・リーダー)

2.4 内部構造の科学

大気や表層は、その基盤である固体惑星との相互作用なしでは存在し得ない。固体惑星からの脱ガスがいつどれだけあったか、あるいは大気(水、炭素)がどれだけ固体惑星内部に取り込まれたかを知らなければ、火星進化を分かったことにはならない。その理解を大きく進めてくれると期待されるのが、内部構造探査である。固体惑星の進化を読み解くために、二つの要求を設定した。

- 要求11： 火星熱進化に重要なコアサイズを正確に知りたい
 要求12： 地殻構造(平均密度、平均厚)を正確に知りたい

コアサイズ、地殻構造、ともに火星の熱史を正しく推定する鍵であり、そこから大気と惑星の共進化(表層

を紹介した) の理解につながると期待される[5] .

3. 要求を満たすミッションの形

以上、挙げてきた12の要求を満たすミッションの形、それがMELOS計画である(図1) [6] . 着陸機については、一つの大ランダーとするのがよいか、複数地点に展開しネットワーク・サイエンスを行うのが効果的か、議論が続けられている。いまのところ後者が科学の面でブレークスルーをもたらすと考え、同様のコンセプトをもつESAのMars NEXT ミッションと連携する可能性を議論している(図2) .

謝辞

宇宙航空研究開発機構の早川基さんの丁寧な査読コメントは、特集の導入に相応しいものへ改善する大きな助けとなりました。2008年12月のCPS惑星探査研究会(神戸大学)、2009年3月の惑星圏研究会(東北大学)などの機会を通じ、MELOS探査の科学目標がまとまってきました。建設的なご議論を頂いたすべての皆さまに感謝致します。

参考文献：

- [1] 佐藤毅彦, 2009, 遊星人 18, 41
- [2] 寺田直樹他, 本号
- [3] 今村剛他, 本号
- [4] 杉田精司他, 本号
- [5] 小林直樹他, 本号
- [6] 久保田孝他, 本号