

火星ペネトレータによる表層環境と内部構造探査 Investigation of Martian surface and interior structure by penetrator probe

白石 浩章^{1*}, 山田 竜平², 石原 吉明², 小林 直樹¹, 鈴木 宏二郎³, 田中 智¹

SHIRAISHI, Hiroaki^{1*}, YAMADA, Ryuhei², ISHIHARA, Yoshiaki², KOBAYASHI, Naoki¹, SUZUKI, Kojiro³, TANAKA, Satoshi¹

¹宇宙航空研究開発機構, ²国立天文台 RISE 月探査プロジェクト, ³東京大学大学院新領域創成科学研究科

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²National Astronomical Observatory of Japan, RISE project, ³Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

火星表層環境および内部構造を分散して観測する「ペネトレータミッション」を提案する。火星探査用ペネトレータは表層2~3mに潜り込むプローブ本体に加えて、表面に残存するアフターボディ構造を有することでそれぞれに科学機器を搭載して「内部構造」と「表層環境」を観測できるシステムとする。貫入する本体には内部構造および表層直下の物理特性・化学組成を観測するために地震計、加速度計、ガンマ線・中性子線分光計・熱伝導率計・温度計を搭載候補とし、アフターボディには圧力計、湿度計、温度計、磁力計、モニタカメラ等を搭載候補として表層環境をモニターする。また、アフターボディ構造には太陽電池パネルと通信用アンテナの他、VLBI電波源を搭載して周回衛星とのデータリレー中に火星の自転変動計測を実施する。

火星大気中にエントリー降下中には大気構造・磁場などに関する情報も取得する。ペネトレータは4機構成として火山地形や断層地形が密に存在すると考えられる領域に分散して設置する。特に、比較的最近まで火成活動が起こっていたと考えられている Elysium 地域や、断層地形の分布から現在も地震活動が起こっていることが予想される Tharsis 地域については、過去の軟着陸ミッションでも探査が行われていない高い標高地域にも対応するため有力な設置候補地点と考えている。火星大気による減速を十分に利用して低高度地域に軟着陸せざるを得ないランダーミッションに比べて、高速のまま貫入設置できるペネトレータの特色を生かすことができる。例えば、Elysium 地域のようなクレーター年代が比較的若い地域周辺に100~300km間隔でペネトレータを配置し、火星内部の地震活動度(発生頻度とマグニチュード)を調べる。火星における地震探査の試みはバイキング着陸機による例があるが、観測機器の性能や設置環境の制約によって内部地震を明確に同定するには至っていない。そのため、隕石衝突起源イベントの頻度・サイズ分布と合わせて火星の地震発生状況を知ることが最も重要な理学目的である。配置された測線距離および内部地震の規模によって地殻・上部マントルに至る弾性的構造を調べることも可能である。特に、浅部の主要な物質境界面となる地殻の厚さと密度の決定は地球型惑星の分化過程の理解のために重要な物理量である。衝突起源の地震イベントは現在の火星への隕石衝突頻度とサイズ分布を把握するとともに、比較的大きな衝突イベントを検出できれば地殻・上部マントル構造と水平方向の不均質性を知るうえで有力な手段となりうる。他の領域に比較して最近まで火成活動が起こっていた領域ではスポット的に高い地殻熱流量の値が期待できるため、その上限を抑えるだけでも火成活動の有無や時期についての情報が得られる。また、過去の火星周回衛星による熱慣性・放射特性マップや線分光計データの Ground Truth として、表層物質の熱伝導率や貫入減速時の加速度プロファイルはその物理特性を理解する基礎データであり、氷層や凍土の有無やレゴリスの層序を理解することの一助となる。さらに、熱流量の長期観測は表層構造の季節変動についての基礎データを与える。一方、周回衛星との連携観測として、ペネトレータに搭載した電波源によって火星の回転運動を測定してコアのサイズと様態について制約を与える。周回衛星には光学カメラ(分解能2~3m程度)を搭載して、ペネトレータの観測運用中に隕石が衝突して形成されたクレーターや地すべりの発生位置を検出する。同定されたイベントは既知の震源位置として地震波による内部構造解析に利用することができる。将来の火星探査ミッションに対する展望として本提案は本格的な多点ネットワークミッションのプレカーサと位置づけることができる。つまり、火星内部地震・隕石衝突の発生頻度やマグニチュードの情報はその後の火星探査において最適なネットワーク配置の検討、観測機器の仕様決定や運用計画の策定に重要な情報となる。また、表層の気象観測量(温度・圧力・磁場など)の日周・季節変動データは広帯域地震計にとっての環境ノイズ源でもあることから、波形データの校正に極めて有用であるとともに将来の広帯域地震探査において展開・設置方法を最適化する際の基礎資料にもなる。

キーワード: 火星, 表層環境, 内部構造, ペネトレータ

Keywords: Mars, Surface environment, Internal structure, penetrator