

火星・月・小惑星地下探査レーダの開発

Development of subsurface radar for future Mars, the Moon, and asteroid explorations

*熊本 篤志¹、宮本 英昭²、西堀 俊幸³、土屋 史紀¹、石山 謙⁴

*Atsushi Kumamoto¹, Hideaki Miyamoto², Toshiyuki Nishibori³, Fuminori Tsuchiya¹, Ken Ishiyama⁴

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2. 東京大学、3. 宇宙航空研究開発機構、4. 国立高等専門学校機構、鶴岡工業高等専門学校

1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. University of Tokyo, 3. JAXA, 4. Tsuruoka College, National Institute of Technology

将来の火星・月・小惑星探査ミッションにおいて、表層地下・内部構造を観測しうるレーダの仕様・設計の検討を進めている。火星宇宙天気・気候・水環境探査ミッション(MACO)では火星の宇宙天気・気候観測の一環として、recurring slope lineae (RSL)等から火星中低緯度に存在が示唆されている地下水の分布を観測し、火星気候に対する地下水循環の寄与を明らかにするため、地下探査レーダサウンダの搭載が検討されている。これは将来の着陸探査において詳細観測を行うべき地点を選定するためにも必要な探査である。着陸探査では、ローバに搭載地中レーダ(GPR)によって、さらに詳細な表層の地下水の3次元分布を明らかにする。2020年代前半に日本・インドの国際協力で月極域氷探査ミッションが計画されており、従来の氷存在示唆にとどまらず、氷の月面下3次元分布をローバ搭載地中レーダによって明らかにすることを提案している。このミッションのローバ搭載GPRを、今後の宇宙機搭載GPRの設計のベースとしていくことができる。はやぶさによる平均密度、表面のポルダースサイズの検討から、小惑星25143Itokawaは岩塊が集積したラブルパイル天体であることが示唆されている。周回機搭載レーダサウンダで小惑星を構成する岩塊のサイズ・形状を決定できれば、その小惑星の形成過程の推定をより具体的に進めることが可能となる。

火星中低緯度氷探査では、表層氷循環の議論に必要な数100mの範囲で1.5mの垂直分解能で観測することを想定して、送信に周波数50-150MHz、ピーク電力10Wのチャープパルスを用いる周回機搭載サウンダを提案している。月極域氷探査では、資源利用可能な月表層数mを6cmの垂直分解能で観測することを想定して、送信に周波数0.5-3GHz、ピーク電力15dBmのチャープパルスを用いるローバ搭載地中レーダを提案している。小惑星内部構造探査には火星周回機搭載レーダと同様のものが適用可能で、さらに複数周回機・着陸機にレーダ、トランスポンダ、反射面等を搭載して別地点で送受信を行うバイスタティックレーダ観測を実施できれば、内部の誘電率構造に加えて誘電率の絶対値が得られ、内部の岩塊の組成・空隙率を議論することが可能となる。

宇宙機搭載が可能な半導体部品には制約がある。50-150MHzの周波数帯では、選択可能なDAC,ADCがあるのでSELENE/LRSと同様に、DACで送信波形・参照波形を生成し、受信信号をADCでサンプルする方式を採用できる。一方、0.5-3GHzの周波数帯では、選択可能なDAC,ADCがないため、送信波・参照波のチャープ波形をVCOでアナログ的に生成する必要がある。宇宙機搭載時の部品選択・設計を考慮した送信・参照信号生成部、受信信号処理部のBBM製作を進めている。2020年度後半には、この送受信部にPower Amp., Low Noise Amp.を追加した構成で、土壌計測実験の実施を予定している。

謝辞：本研究のBBM製作はJSPS科研費19K21891の助成を受けて行われました。

キーワード：ローバ搭載地中レーダ、周回機搭載地下レーダサウンダ、月極域氷探査、火星宇宙天気・気候・水環境探査(MACO)

Keywords: Ground penetrating radar (GPR) installed on the rover, Subsurface radar sounder installed on the orbiter, Lunar polar ice exploration, Mars Aqueous-environment and space Climate Orbiter (MACO)

