

平成 27 年度 修士論文要旨

修了年月 2016 年 3 月

指導教員 宮本英昭 准教授

論文題目 地中探査レーダー用アンテナの性能評価とシールド形状の検討

キーワード 地中レーダー, 超小型 VNA, Vivaldi antenna, T-bar fed slot antenna, 電磁波シールド, 反射損失, 地下イメージング

要旨

天体の起源や進化を理解するための一つの重要な鍵は、天体の内部構造である。内部構造とひとことに言っても幅広く、天体規模での知見が必要となる中心核の状態や衛星・小惑星の内部分化による構造もあれば、ごく表層部分の状態もあてはまる。特に近年活発に議論されるようになった、小さな天体上でのレゴリス進化過程や宇宙風化による成熟、他天体物質の降着などを見分けるには、表面物質と内部構造の関係を調査することは極めて重要と考えられる。

地下を探査する技術として一般的なのは、地震探査（反射法やトモグラフィー等）、磁気探査、電気探査などが挙げられる。ただしこれらは多くの場合、探査装置を対象天体に設置しなければならず、これが惑星探査における難易度を上げてしまう。重力探査は探査装置の設置の必要はないが、偏差探査であっても空間分解能が低くなる傾向がある。電磁波によるサウンダー（地中レーダー）は装置の設置の必要がなく、空間分解能も比較的高い点で、これらに対する利点となる。しかし、地中レーダーは地球においても十分に実用化されているとは言えない側面があり (1)表面物質と誘電率との関係が未知であることや、(2)電波法に抵触する、可搬性に乏しく雨風等の影響を受けやすい、ことなどは特に重要な課題となっている。

そこで本研究では上記(2)に着目し、可搬性が高く小電力の地中レーダー・パッケージの開発、電磁波シールドの開発を目指した。地中レーダーを開発するには、電磁波の発信・受信機を個別に作成して小型化を図ることが一般的だが、実際には対象に応じて周波数の変調や帯域を細かく調整しながらこの開発を行う方が望ましい。ところがフィールドレベルにおいて、こうした調整を行うことは技術的に困難であり、これまで検討された例が無かった。本研究では、こうした発受信部において極めて柔軟性の高いベクトル・ネットワーク・アナライザ (VNA) を直接野外に持ち出し、複雑な自然環境においてこれを地中レーダーとして利用し、最適な帯域幅やアンテナ設計等を行いたいと考えた。そこで近年開発された超小型の VNA を利用し、超小電力かつ可搬性の高いパッケージを開発し、地下浅部（地下数 m）の構造を可視化することを試みた。アンテナには広帯域を維持し、鋭い指向性を持つ宇宙用のアンテナである Vivaldi antenna と、地面を含めたモデルで最適設計されているアンテナであり、本研究グループで新たに内作した T-bar fed slot antenna を使用した。これによって、少なくとも地下約 1 m の構造を可視化できることを示した。このパッケージの可搬性を活かし、複雑な天然の地質セッティングにおける計測を行うことで、検知したい地質構造に最適な帯域幅やアンテナの設計が行えるようになると期待される。こうした実験を電波法に抵触せず、かつ外部の電波や雨風の影響を避けて実施するには、シールドが必要不可欠である。本研究は様々なシールド形状を検討し、耐気象性も維持し十分な電波遮蔽性能を確保できる Vivaldi antenna 用シールドを開発した。