

## 偏波と透過波を利用した地中レーダによる地下構造探査精度の向上 Improvement of prospecting accuracy of subsurface structure by GPR using polarization and transmitted waves

槇原 慧<sup>1\*</sup>, 吉永 徹<sup>2</sup>, 小池 克明<sup>3</sup>, 橋野 芳治<sup>4</sup>, 吉田 雄司<sup>5</sup>, 板井 秀典<sup>6</sup>

MAKIHARA, Kei<sup>1\*</sup>, YOSHINAGA Tohru<sup>2</sup>, KOIKE Katsuki<sup>3</sup>, HASHINO Yoshiharu<sup>4</sup>, YOSHIDA Yuji<sup>5</sup>, ITAI Hidenori<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 熊大・院・自然科学, <sup>2</sup> 熊大・工, <sup>3</sup> 京大・院・工学, <sup>4</sup> (株) 環境開発, <sup>5</sup> 九州計測器 (株), <sup>6</sup> ジオクロノロジージャパン

<sup>1</sup> Graduate School Sci. & Tec., Kumamoto Univ., <sup>2</sup> Faculty of Eng., Kumamoto Univ., <sup>3</sup> Graduate School of Engineering, Kyoto Univ., <sup>4</sup> Environment & Technology Co., <sup>5</sup> KyushuKeisokki Co., <sup>6</sup> Geochronology Japan Inc.

レーダを利用した地下探査技術(地中レーダ)によれば,地表から非破壊的に地表下数メートルまでの地下構造を可視化できるという利点がある。そのため地中レーダは各種埋設管(水道・ガス管,通信・電力ケーブルなど)の探索,地盤沈下の原因となり得る地下空洞や地下亀裂の存在の調査,考古学的な遺跡の発掘,地質構造の推定,および地下資源(地下水,石炭など)の探査など,多くの分野で利用されている。従来,レーダの反射を利用して,地層の境界面の位置や形状を把握するのが地中レーダ探査の主な目的である。さらに地下探査精度を向上させるためには,このような幾何情報のみでなく,地下物質の物性に関する媒質定数(誘電率,導電率,透磁率など)を推定し,物質が何であるかを同定することが望まれる。しかしながら,地下の物性分布や地層境界の形状に関する不均質は特に大きく,従来の反射型の地中レーダでは物性まで正確に把握するのは困難なのが現状である。

そこで本研究では,地中レーダによる地下構造の探査精度の向上を目的とし,送信アンテナと受信アンテナを分離させ,透過波と複数の偏波を計測できる機器の開発を行った。これを POGRA (POLarimetry Ground penetration RAdar system) と称した。従来の地中レーダでは1つの偏波成分しか利用していないが,複数の偏波成分を計測することで地下構造の可視化精度を向上させることが期待できる。また,地中の対象物を測定する場合,透過型地中レーダによれば,反射型に比べてレーダの伝播距離が約半分になることに利点がある。これによりレーダの受信強度が増加し,探査可能な深度範囲が増大する。

POGRA の有用性を検証するために,まず円柱,三角柱,四角柱という簡単な形状の埋設物に対して,偏波計測を適用した。その結果,反射波の半値値と振幅の2つを組み合わせれば形状の識別が可能となることがわかった。

次に,多くの小型の箱に物性が異なる試料を詰めることで地層モデルを作製した。試料として豊浦標準砂を用い,その含水比を変えることで誘電率(比誘電率)が大(約20),中(約10),小(約5)の3種類の状態を設定した。これらの深度方向への並びを変えた6パターンの3層構造に反射型を適用した。フレネルの反射率の公式に基づき,測定結果から各層の誘電率を算定した。その結果,深度が深くなるにつれて誘電率が大きくなるパターンに対しては,誘電率を妥当に得られることがわかった。さらに,このモデルの下部に空間を設けることで,透過型の計測をした。その対象は地下水面下に存在する空洞の検出であり,箱に水を満たした領域を設定し,この下に空の箱を置いてこれを空洞とみなした。その結果,減衰が大きい帯水層を介しても透過波を検出でき,空洞の存在が把握できることを明らかにできた。

キーワード: 誘電率, フレネルの法則, 反射率, 透過率, 地質モデル

Keywords: Dielectricity, Fresnel equations, Reflection coefficient, Transmittance, Geological model