

資料 - 3 地中レーダ探査概要、電磁探査概要

1 地中レーダ探査概要

1-1 地中レーダ探査とは

地中レーダ探査とは、電磁波の「波動」としての性質を利用して、地中の構造を把握する探査手法である。電磁波(パルス波)を地表から地中に向けて放射すると、地中の電気的性質が変化する部分が電磁波の反射面となり、この反射面からの反射波が地表に帰ってくる。この反射波を捉えることにより、地下浅部の地盤構造や空洞、埋設物などを非破壊的に探査する方法である。

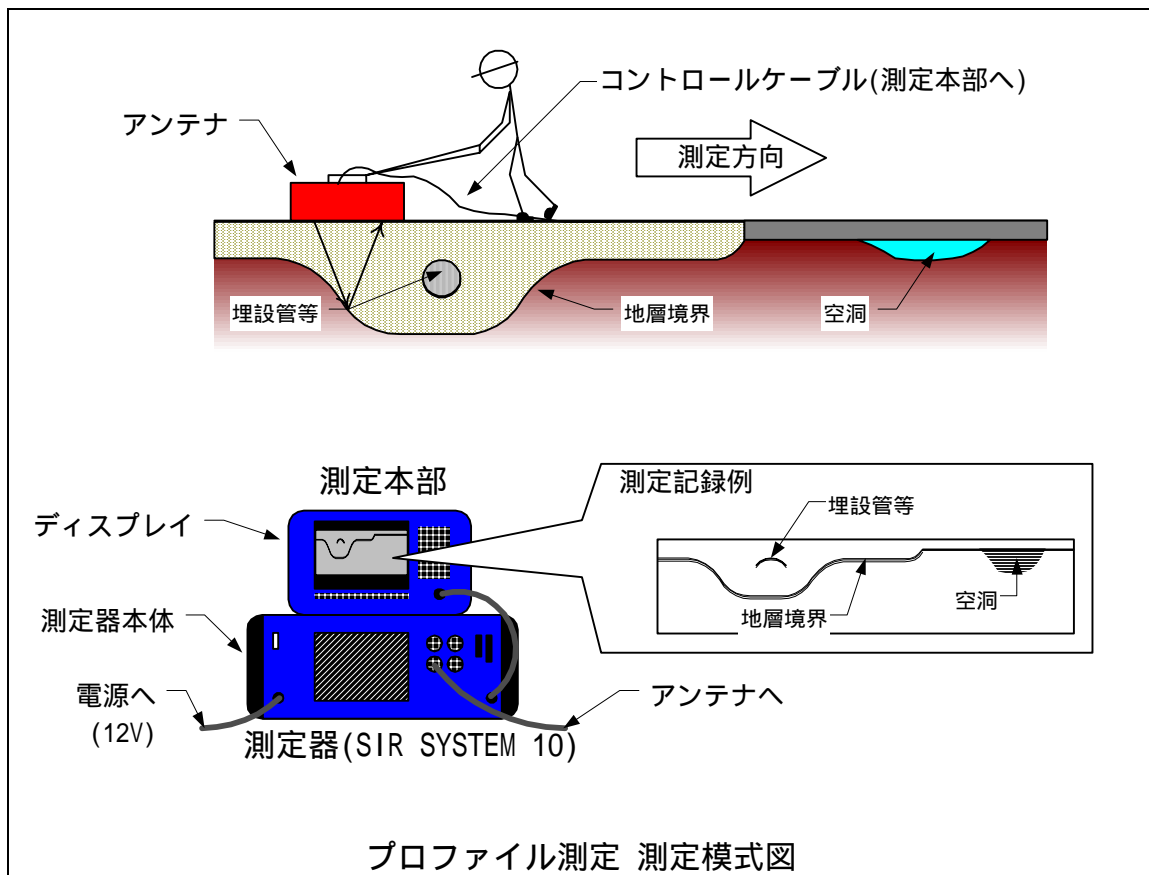
1-2 測定・解析方法

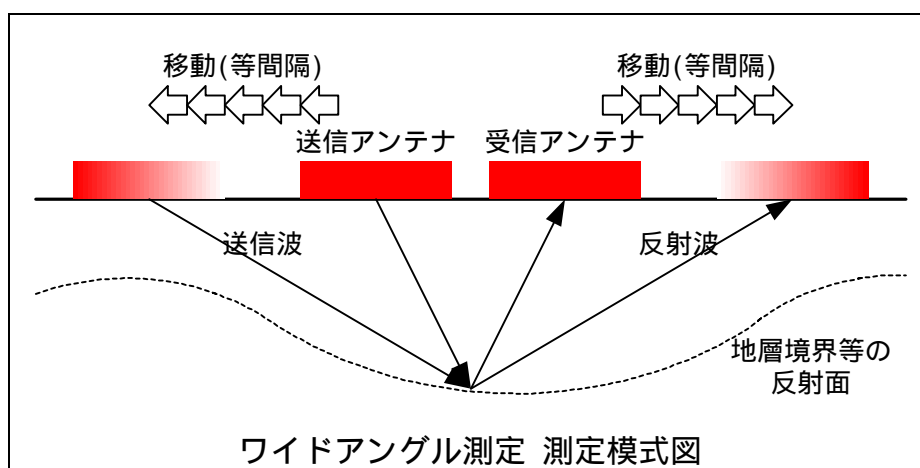
1-2-1 測定方法

地中レーダの測定方法には、通常、次の2通りの方法がある。

1. アンテナを測線に設置した距離メジャーに沿って移動させながら連続測定を行う方法(プロフィール測定)
2. 測定地の地盤の電磁波速度を捉えるための測定方法(ワイドアングル測定)

がある。





1.のプロファイル測定は、アンテナを低速度で移動させながら測定を行うため、測定と同時にディスプレイに測定記録を表示することが出来る。この測定では、ある一定距離間隔毎に距離マークを入力しながら測定を行う。この距離マークは、測定者がマーカーにより距離の入力を行う。

2.のワイドアングル測定は、プロファイル測定によって捉えられた反射面に対し、アンテナの送受信間隔を変化させて同じ反射面を捉えることにより、測定地点の地盤の電磁波速度を求める測定方法である。これにより、プロファイル測定で得られた測定記録上に示される地層境界などの反射面までの正確な深度を求めることが出来る。

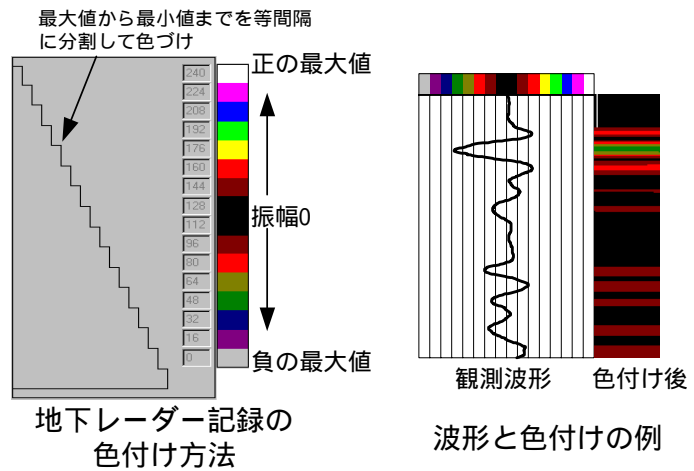
1-2-2 測定装置

測定装置は、測定器本体、バッテリー(測定器電源)、アンテナ(電磁波の送受信を行う)、コントロールケーブル(アンテナからの信号を測定器に送る)から成る。通常使用する測定器の仕様を以下に示す。

測定器名	仕様
SIR System 10 (GSSI 社製)	分解能： 1/1000nsec 時間レンジ： 0～10,000nsec A/D 分解能： 8,16bit A/D サンプリング： 128,512,1024,2048,4096,8192 Scan rate： 2～220scan/sec 接続可能チャンネル数： 4 記録媒体： ハードディスク
5106 型アンテナ (GSSI 社製)	中心周波数： 200MHz パルス幅： 5nsec サイズ： 60×60×30cm 重さ： 約21kg

1-2-3 地中レーダの記録の見方

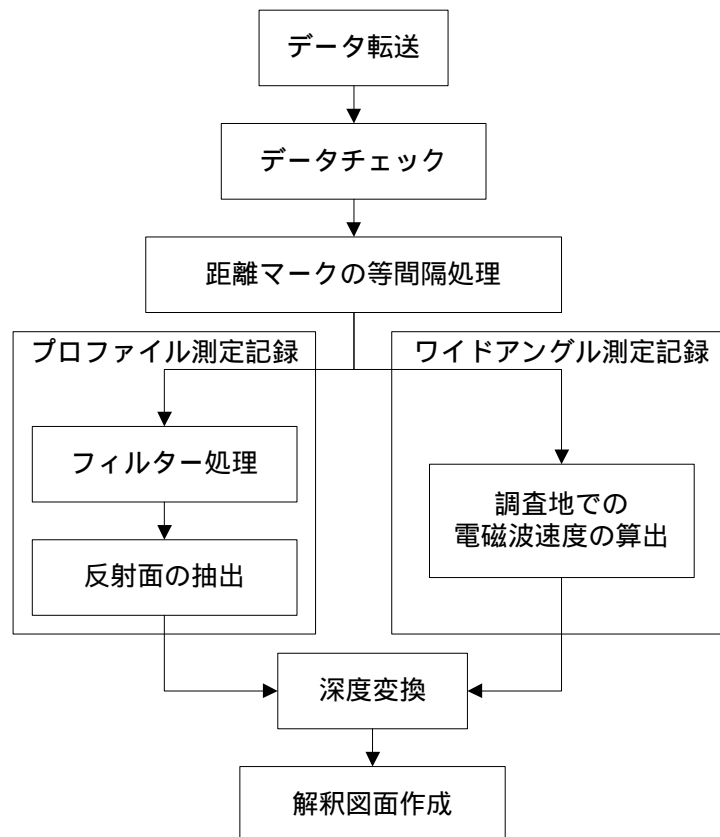
地中レーダは電磁波(パルス波)を地中に放射し、地中からの反射波を得て、その振幅の強弱に応じたデジタル値を収録している。実際の測定画面上および測定記録は振幅の強弱に応じて色付けを行い、カラーもしくは白黒の濃淡記録として出力される。



地中レーダ記録の見方

1-2-4 解析方法

地中レーダ測定での解析の流れを以下に示す。



地中レーダデータ解析フロー

データの表示・印刷、および測定記録波形は、地中レーダデータのポストプロセッシングソフトウェアである「RADAN for Windows NT」(GSSI 社製)を使用する。

解析フローの各内容は以下の通りである。

- (1) データ転送： 現場で収録された測定記録は、測定器内のハードディスクに保存される。現場での測定が終了したら、データをパーソナルコンピュータ上に転送する。
- (2) データチェック： 測定データ上で、距離マークが抜けているところや、データのつながり、測定記録の振幅などをチェックする。
- (3) 距離マークの等間隔処理： 測定者により入力された距離マーク間隔は、アンテナの牽引速度によりマーク間隔にばらつきがある。そこでマーク間のスキャン数を一定にする処理を施すことにより、マーク間隔を等間隔にする。マーク間隔にばらつきが出るのは、1秒間にスキャンする数を一定にして測定を行うため、アンテナの牽引速度によりマークあたりのスキャン数が変化するためである。
- (4) ワイドアングル測定解析： 測定時に得た記録は、反射波が戻ってくるまでの時間と振幅値で記録されている。この反射波の到達時間から実際の深度に換算するために、まずワイドアングル測定記録の解析を行い、調査地での電磁波速度を計算する。
- (5) プロファイル測定記録： データチェック時に、記録のノイズレベル、反射面の振幅の状態によっては、各種フィルター処理を行い、より反射面の抽出が行い易い記録を作成する。主に使用されるフィルターとしては、Background removal(測線方向につながっているノイズの除去)、バンドパスフィルター、マイグレーション等である。
- (6) 解析結果の図化： 各測線で得られる結果は、測線下の地中の構造を反映した反射断面である。これを測線ごとの2次元断面として表示するほか、測線を密に配置して取得した記録から3次元図化などを行なう。

電磁探査概要

電磁探査は、主として調査地に埋没している金属物の有無、位置を特定するために実施するものである。本探査法は、広範囲の調査領域を迅速に測定し、深さ2 m以浅程度までに埋没している金属物を短時間に検出することができるという特徴を有する。

ここでは、金属埋設物探査に特化した探査装置である、時間領域電磁探査装置EM-61を用いた電磁探査について概要を述べる。

(1) 電磁探査 (EM-61) の原理

電磁探査は、対象物が導電性 (金属物) であることに着目した探査手法である。図1に示すように、原理的には、発信コイルにより電磁場を発生させ、金属物によって励起される2次の電磁場を受信コイルで測定するものである。

今回用いる電磁探査は、時間領域の電磁探査 (TDEM) と呼ばれるものであり、1次磁場 (発信側の磁場) の影響が少ない方法である。コイルは約1 m × 1 mの方形であり、設定した測線上でこのコイルを移動させながら測定を行う。地形が平坦で障害物が少なければ、コイルに車輪を着けて設定した測線をゆっくり移動させる方法で測定する。

EM61 という時間領域電磁探査装置は、金属埋設物探査に特化した探査装置である。測定記録は、デジタルの記録として収録されるため、一般的な簡易な金属探知器と異なり、測定データの後処理、図化が可能である。

EM61 の仕様を表1に示す。

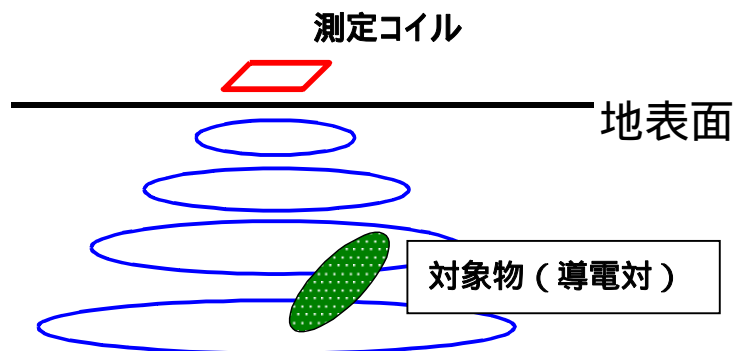


図1 電磁探査の概念

表1 測定機器（EM61）の仕様

名称	主な仕様	数量	製作会社
電磁探査 EM-61	2チャンネル 18ビット 最大出力 40,000mV コイルサイズ 1m×1m	1台	Geonics社
DL-720	データレコーダ - 16,500レコード収録	1台	Geonics社

（2）現場測定の流れ

以下に現地測定の流れを示す。

伐採作業など

測線が設定できるように、必要に応じて下草刈りおよび風倒木等进行处理する。

測定ブロックの設定

必要に応じて、調査地に設置された基準杭などを利用して測定ブロックを設定する。

測線設定

測定ブロックごとに1m間隔程度で探査測線を設定する。探査対象によっては、測線間隔を更に細かくする場合や、広くする場合がある。

電磁探査による概査

電磁探査装置（EM-61）を用いて測定ブロックごとに探査を行う。

異常箇所抽出

現場において探査結果を解析し、異常箇所を抽出する。

精査および異常箇所のマーキング

の結果を基に抽出した異常箇所において精査を行ない、異常箇所の中心位置や範囲を特定して、地表にマーキングなどを行なう。また、後の整理のために位置座標を測定する。

（3）解析方法

電磁探査の解析は、測定されたデータを平面図にカラー表示またはコンター表示することにより、金属埋設物などの異常体の位置を捉える。測定では、互いに平行な複数の測線を設定して実施しているので、測線毎に捉えられた異常の位置・分布および強度などから異常体の拡がり、深度を推定する。

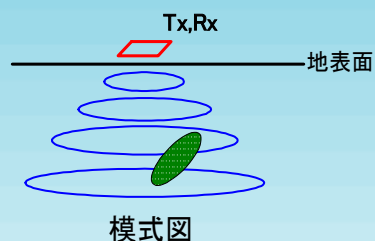
電磁法による埋設物探査



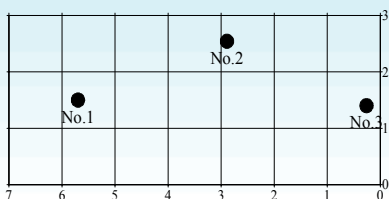
時間領域電磁法探査器
(EM-61 : Geonics社製)

探査のしくみ

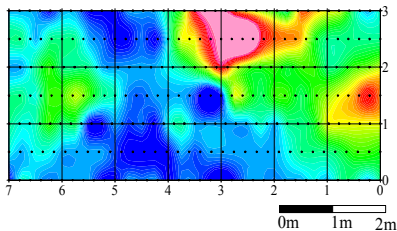
送信コイルにより電磁場を発生させて地中に送り、これによる過渡的な磁場応答を記録して、地下の埋設物を探査します。



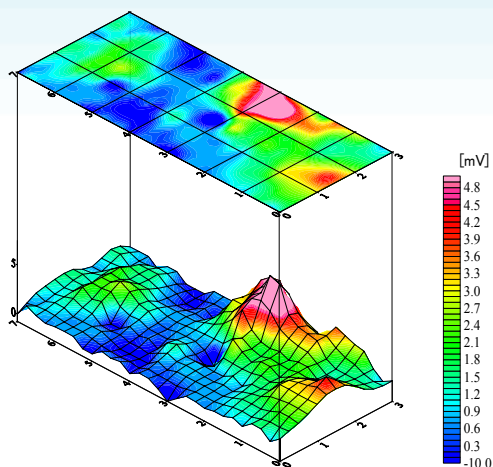
埋設物探査実験



- No.1 金属物 直径5cm 長さ20cm
深度0.80m
- No.2 金属物 直径15cm 球状
深度0.50m
- No.3 金属物 直径10cm 長さ25cm
深度1.20m



測定結果 平面図表示



測定結果 鳥瞰図表示